



TESIS - PM 147501

ANALISIS DAN OPTIMASI PADA JARINGAN KABEL FIBER OPTIK KERUMAH (FIBER TO THE HOME) DI SURABAYA TIMUR MENGGUNAKAN INTEGER LINIER PROGRAMMING

REZA TIAN TO
NRP. 9114 2013 12

DOSEN PEMBIMBING
Nurhadi Siswanto, ST., MSIE., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



TESIS - PM 147501

ANALYSIS AND OPTIMIZATION ON FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK AT EAST SURABAYA USING INTEGER LINIER PROGRAMMING

REZA TIAN TO
NRP. 9114 2013 12

SUPERVISOR
Nurhadi Siswanto, ST., MSIE., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN


Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

REZA TIAN TO
NRP. 9114 2013 12

Tanggal ujian : 18 Januari 2017
Periode Wisuda : Maret 2017

Disetujui oleh:


1. **Nurhadi Siswanto ST, MSIE, PhD**
NIP: 197005231996011001

(Pembimbing)


2. **Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc**
NIP: 195903181987011001

(Penguji)


3. **Prof. Ir. Suparno., M.SIE., Ph.D**
NIP. 194807101976031002

(Penguji)

an. Direktur Program Pascasarjana ITS
Asisten Direktur Program Pascasarjana ITS



Prof. Dr. Ir. Tri Widiaja, M.Eng
NIP. 196110211986031001

ANALISIS DAN OPTIMASI PADA JARINGAN KABEL FIBER OPTIK KERUMAH (FIBER TO THE HOME) DI SURABAYA TIMUR MENGGUNAKAN *INTEGER LINIER PROGRAMMING*

Nama Mahasiswa : Reza Tianto
NRP : 9114201312
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, Ph.D.

ABSTRAK

Kebutuhan komunikasi berkecepatan tinggi dan berkapasitas besar dalam bidang telekomunikasi saat ini sangat besar dan mendukung perkembangan teknologi informasi yang semakin berkembang di era masyarakat modern ini. Kemajuan perekonomian serta berkembangnya teknologi telekomunikasi merupakan titik tolak dan potensi besar untuk dapat meningkatkan dan mewujudkan berbagai jenis pelayanan komunikasi yang lebih canggih dengan akses yang cepat dan murah. FTTH (*Fiber To The Home*) suatu teknologi arsitektur jaringan akses yang menggunakan serat optik sebagai media utamanya sampai dengan pelanggan. Sistem berbasis optik dapat mengantarkan beragam informasi digital, seperti telepon, video, data, dan sebagainya, secara lebih efektif dibandingkan dengan kabel tembaga coaxial. Jika dibandingkan dengan kabel tembaga yang bisa mengangkut data sampai 1,5 Mbps untuk jarak dekat (kurang dari 2,5 km), kabel serat optik bisa mentransfer data hingga 2,5 Gbps untuk jarak yang lebih jauh (200 km). Artinya, dengan jarak 80 kali lebih panjang, kabel serat optik mampu mengangkut data lebih dari 1.500 kali kemampuan kabel tembaga. Pada penelitian ini bertujuan untuk membantu perusahaan penyedia layanan akses internet untuk mendesain jaringan FTTH di Kec. Panjang Jiwo. Permasalahan pada Jaringan FTTH di Kec. Panjang Jiwo ini adalah bagaimana membuat desain jaringan FTTH yang baik dan dengan biaya minimum sehingga kedepannya dapat mengurangi gangguan jaringan dan biaya pemeliharaan. Berdasarkan permasalahan itu diperlukan kegiatan optimasi dengan metode *Integer Linier Programming* dengan memperhatikan aspek biaya pekerja, biaya bahan, nilai redaman pada rambatan kabel dan insertion loss. Metode *Integer Linier Programming* yang di gunakan adalah *Hub to Spoke*. Dengan metode *Hub to Spoke* menghasilkan nilai proyek lebih rendah 13,01% atau Rp 5.739.780 lebih murah daripada nilai *existing*. Penggunaan ODP yang disesuaikan dengan demand berdasarkan perhitungan dengan metode *Hub to Spoke* sangat mengurangi biaya proyek sehingga lebih efisien. Disarankan kepada pihak manajemen perusahaan tetap menggunakan ODP 1:8 karena akan lebih murah dan ringkas dalam pelaksanaan proyek Jaringan FTTH Panjang Jiwo Tahap I.

Kata kunci : *Desain Jaringan, Biaya Minimum, Integer Linier Programming*

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS AND OPTIMIZATION ON FIBER TO THE HOME (FTTH) NETWORK AT EAST SURABAYA USING INTEGER LINIER PROGRAMMING

By : Reza Tianto
Student Identity Number : 9114201312
Supervisor : Nurhadi Siswanto, Ph.D.

ABSTRACT

The High speed and high capacity bandwidth Internet in telecommunication service needs are growing in this modern age. In the economic and technology growth there is first step for increasing and develop many different type of sophiscated, cheap, and high speed akses telecommunication services. FTTH (Fiber To The Home) an access technology network architecture that uses optical fiber as the main medium to the subscriber. With using of optical fiber as the main medium, FTTH technology has several advantages when compared with network technology still uses copper cable or even wireless technology. FTTH based on internet broadband connection which used by fiber optic wire for personal subsriber or internet home connection. This system based on optical material which can transfer any digital information such as telephone, video, data, and music so effectivelly than coaxial copper wire. Copper wired can transfer 1,5 Mbps for short distance (less than 2,5 Km), and Fiber Optic wire can transfer 2,5 Gbps for long distance. It means fiber optic can transfer data 80 times long away and can transfer data 1.500 times than copper wire data transferring In this study aims to help the company's Internet access service provider to design a FTTH network in the district Panjang Jiwo. Problems on the FTTH network in the district Panjang Jiwo this is how to make good FTTH network design and with minimum cost so that the future can reduce network fail and reduce maintenance costs. Based on the problems that needed optimization activities with Integer Linear Programming method with due respect to labor costs, material costs, value propagation cable attenuation and insertion loss. Integer Linear Programming method in use is the Hub to Spoke. With the method Hub to Spoke find a lower value of the project about 13.01% cheaper that value is Rp 5.739.780 cheaper than the existing value. We Suggested to the manager of the company he should using ODP 1:8 because it will be cheaper and quick project implementation FTTH Network Panjang Jiwo Stage I. The implementation of ODP based on subscribers demand are more efficiently. Number of ODP based on Hub to spoke Mesurement which can reduced project cost and more efficient.

Key Words : Network Design, Minimum Cost, Integer Linier Programming

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa shalawat serta salam akan selalu tercurahkan bagi Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis dengan judul:

Analisis Dan Optimasi Pada Jaringan Kabel Fiber Optik Kerumah (Fiber to The Home) di Surabaya Timur Menggunakan Integer Linier Programming.

Selesainya penelitian berkat peran serta dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Nurhadi Siswanto, ST, M.S.I.E, Ph.D selaku dosen pembimbing tesis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono. M.eng. Sc., selaku ketua program studi MMT ITS.
3. Seluruh Dosen MMT ITS yang telah memberikan banyak ilmu, serta segenap karyawan MMT ITS.
4. Ibu, Ayah, serta Adik yang selalu memberikan dukungan, nasehat dan kasih sayang yang tidak akan pernah bisa digantikan dengan apa pun.
5. Pihak PT. Telkom Indonesia Tbk. Surabaya khususnya Bapak Tofan yang telah membantu dalam proses Proyek FTTH Panjang Jiwo Tahap I
6. Rekan-rekan Manajemen Industri MMT ITS angkatan semester genap 2014.

Penulis berharap semoga penelitian ini bermanfaat dan menambah wawasan keilmuan bagi pembaca.

Surabaya, Oktober 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5.1 Batasan Penelitian	5
1.5.2 Asumsi Penelitian	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pendekatan Riset Operasi.....	7
2.1.1 Integer Linier Programming (ILP)	8
2.1.2 Hub Locations Problem.....	9
2.2 Fiber Optik	11
2.2.1 Fungsi Fiber Optik	12
2.2.1 Fiber to The Home (FTTH).....	12
2.2 Passive Optical Network (PON)	13
2.3 Perangkat FTTH.....	14
2.3.1 Optikal Line Terminal (OLT)	14
2.1 Optikal Distribution Network (ODN)	14
2.4 Kabel Fiber Optik.....	15
2.5 Penelitian Terdahulu	16
BAB III	19
METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tahapan Pengumpulan Data	19
3.2 Membentuk Model ILP Node to Node.....	19

3.3	Pengolahan Data	23
3.4	Tahap Analisis Sensitivitas	23
3.5	Kesimpulan	23
3.6	Tahap Penelitian	24
3.7	Tinjauan Pustaka	24
BAB IV		25
PENGUMPULAN DATA		25
4.1	Proses Pengambilan Data	25
4.1.1	Jalur 1	26
4.1.2	Jalur 2	27
4.1.3	Jalur 3	27
4.2	Pengukuran Panjang Kabel	28
4.3	Pengukuran Jarak Pelanggan-ODP-ODC	29
4.4	Pemilihan Material FTTH	33
4.5	Biaya Material dan Jasa	33
BAB V		35
PEMODELAN DAN ANALISA		35
5.1	Pemodelan Jaringan FTTH	35
5.2	Implementasi Model	37
5.3	Analisis Sensitivitas	40
5.3.1	Analisis Sensitivitas Terhadap Parameter Jarak Pelanggan Ke-i Terhadap ODP Ke-j (L_{ij})	40
5.4	Analisis Sensitivitas Terhadap Biaya Kabel Jasa Core Per Meter (C)	41
BAB VI		45
KESIMPULAN DAN SARAN		45
6.1	Kesimpulan	45
6.2	Rekomendasi Untuk Perusahaan	46
6.3	Rekomendasi Untuk Perusahaan	46
DAFTAR PUSTAKA		47
LAMPIRAN I		49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Lokasi Jalur FTTH Kel.Panjang Jiwo Tahap I.....	3
Tabel 2.1 Posisi Penelitian	17
Tabel 3.1 Index Dalam Penelitian	20
Tabel 3.2 Tabel Parameter Dalam Penelitian.....	21
Tabel 4.1 Tabel Panjang Kabel FTTH.....	26
Tabel 4.2 Penempatan ODP Pada Jalur	29
Tabel 4.3 Jarak ODP-ODC (L_{jk})	29
Tabel 4.4 Jarak Pelanggan ke-i pada ODP ke-j (L_{ij}) Dalam Meter.....	30
Tabel 4.5 Material yang Digunakan.....	33
Tabel 4.6 Biaya – Biaya Instalasi Jaringan FTTH <i>Existing</i>	34
Tabel 5.1 Nilai Parameter Dalam Model Hub Location Problem.....	36
Tabel 5.2 Penempatan Pelanggan Baru pada ODP	38
Tabel 5.3 Assignment Pelanggan	39
Tabel 5.4 Sensitivitas Perubahan Perubahan Parameter L_{ij}	40
Tabel 5.5 <i>Bill of Quantity (BoQ) ODP 1:4</i>	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Skema Untuk Jaringan Optik Pasif	2
Gambar 1.2 Kondisi Jaringan Existing	4
Gambar 2.1 Jaringan Hub-and-Spoke dengan 5 Nodes	10
Gambar 2.2 Optik Distribution Cabinet (ODC).....	14
Gambar 2.3 Optik Distribution Point (ODP).....	15
Gambar 2.4 Singlemode Fibre Structure	15
Gambar 3.1 Skema Jaringan FTTH Tahap 1	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1 Jalur Pemasangan Kabel	25
Gambar 4.2 ODC Kelurahan Panjang Jiwo	26
Gambar 4.3 ODP pada Jalur 1	27
Gambar 4.4 Jalur 3 FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I	28
Gambar 4.5 <i>Measuring Wheel</i>	28
Gambar 4.6 Peta Lokasi Pelanggan Terhadap ODP	32
Gambar 5.1 Skema Penyambungan FTTH	39
Gambar 5.2 Grafik Analisis Sensitivitas.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Kebutuhan komunikasi berkecepatan tinggi dan berkapasitas besar dalam bidang telekomunikasi saat ini sangat mendukung perkembangan teknologi informasi yang semakin berkembang di era masyarakat modern ini. Penerapan kabel serat optik sebagai media transmisi dalam dunia telekomunikasi merupakan salah satu solusi infrastruktur Internet berkecepatan tinggi. Serat optik sebagai media transmisi mampu meningkatkan pelayanan sistem komunikasi data, suara, dan video seperti peningkatan jumlah kanal yang tersedia, tersedianya bandwidth yang besar, kemampuan mengirim data dengan kecepatan yang tinggi, terjaminnya kerahasiaan data yang dikirimkan, dan tidak terganggu oleh pengaruh gelombang elektromagnetik, petir dan cuaca. Teknologi ini melakukan perubahan sinyal listrik kedalam sinyal cahaya yang kemudian disalurkan melalui serat optik dan selanjutnya di konversi kembali menjadi sinyal listrik pada bagian penerima.

FTTH (*Fiber To The Home*) suatu teknologi arsitektur jaringan akses yang menggunakan serat optik sebagai media utamanya sampai dengan pelanggan. Dengan penggunaan serat optik sebagai media utamanya, teknologi FTTH ini mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan teknologi jaringan yang masih menggunakan kabel tembaga atau bahkan teknologi wireless. Instalasi teknologi FTTH akan mengembangkan industri multimedia, untuk kemudian FTTH akan ada kemungkinan untuk menyampaikan layanan multimedia seperti HDTV, download musik dan video. Ini akan mempunyai dampak yang besar dalam dunia ekonomi dan akan menyaksikan bentuk baru yang muncul dari dunia bisnis dalam sektor teknologi. Operator jaringan akan menghasilkan keuntungan baru untuk meningkatkan transfer data, dan dapat menutupi biaya instalasi dari jaringan FTTH.

Penelitian ini dilakukan di Kec. Panjang Jiwo yang bertujuan untuk membantu proyek tahap satu yaitu memigrasikan jaringan ADSL (kabel Tembaga) menjadi jaringan FTTH (Fiber Optik) milik PT. Telkom Indonesia. Permasalahan

pada penelitian ini termotivasi pada kasus aplikasi dunia nyata pada PT. Telkom Indonesia. Di Indonesia persaingan bisnis jasa telekomunikasi sangat kuat sehingga menimbulkan kompetisi dalam hal jaminan kualitas, efisien dan biaya pelayanan data komunikasi yang efektif yang sangat penting. Pada praktek pemimpin pasar sangat penting untuk pangsa pasar saat ini dan akan menentukan posisi pasar dalam waktu dekat. Berdasarkan hasil wawancara dengan praktisi lapangan menurut praktisi pada tahun 2010 hingga 2014 tingkat komplain pelanggan perbulan hanya mencapai puluhan kasus gangguan pada jaringan internet kini tahun 2015 hingga tahun 2016 tingkat gangguan pada jaringan internet mencapai ribuan kasus perbulannya. Dengan melihat permasalahan yang ada dalam penelitian ini melakukan desain jaringan yang optimal dan berbiaya minimal. Kondisi jaringan telekomunikasi baik kabel tembaga dan FTTH pada proyek sebelumnya tidak terinstalasi dengan rapi pada Jl. Panjang Jiwo Besar , Jl. Panjang Jiwo II-A, dan seluruh Gang SD yang di ilustrasikan dalam Gambar 1.2 Sebagai berikut



Gambar 1.1 Kondisi Jaringan *Existing*

Pada Kelurahan Panjang Jiwo Selama ini dalam pelaksanaan proyek tidak pernah memperhitungkan jumlah panjang kabel fiber optik yang digunakan sehingga terlalu banyak biaya penggunaan kabel fiber optik. Pemasangan kabel optik selama ini yang menuju pelanggan menggunakan metode *one tube one core* yang disambung langsung dari kantor pusat (OLT) menuju pelanggan tanpa melalui ODC dan ODP. Metode *one tube one core* ini sangat baik apabila rumah pelanggan berdekatan dengan kantor pusat (OLT) sehingga kualitas transmisi data

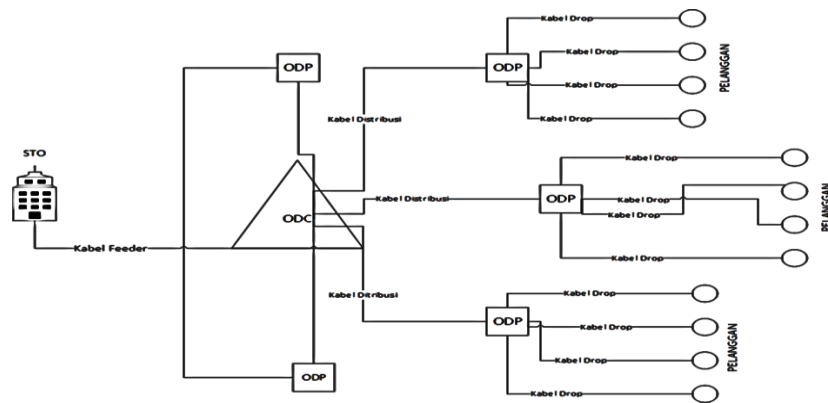
sangat baik. Metode *one tube one core* memiliki kelemahan apabila untuk transmisi jarak jauh. Metode *one tube one core* membutuhkan banyak kabel dan bila diimplementasikan maka terlalu banyak kabel yang tersambung sehingga merusak estetika tata ruang dan kedepannya sangat sulit melakukan perbaikan dan perawatan jaringan karena terlalu banyak kabel. Agar tetap bisa bersaing dengan kompetitor penyedia akses internet broadband peneliti diharapkan dapat membantu mengurangi tingkat gangguan pada jaringan Internet PT. Telkom Indonesia dengan cara terminasi ulang kabel FTTH yang baru desain jaringan yang baru. Pada penelitian ini menganalisa dan mengoptimasi penggunaan kabel dan menentukan letak pelanggan baru yang diizinkan oleh perusahaan untuk menjadi obyek penelitian ini.

Pada obyek penelitian ini adalah studi kasus proyek FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I. PT. Telkom Indonesia akan melakukan perbaikan dan memperluas jaringan baru untuk memperlebar untuk menjangkau konsumen di Kelurahan Panjang Jiwo. Pada Proyek FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I lokasi perencanaan dibagi tiga jalur jalur. Jalur tersebut dijelaskan pada Tabel 1.1 yang berisi lokasi jalur yang akan instalasi jaringan FTTH sebagai berikut

Tabel 1.1 Lokasi Jalur FTTH Kel.Panjang Jiwo Tahap I

Jalur	Alamat Lokasi
1	Jl.Raya Prapen – Jl.Panjang Jiwo I – Jl. Gang SD Kelurahan Panjang Jiwo
2	Jl. Panjang Jiwo Besar – Jl. Panjang Jiwo IIA – Jl. Panjang Jiwo Gg.SD-I
3	Jl.Panjang Jiwo – Jl.Panjang Jiwo No.52

Setelah mendapatkan lokasi kerja yang ditabelkan pada table 1.1 langkah selanjutnya membuat desain jaringan yang baik Dalam jaringan telekomunikasi, masalah desain bisa dimulai dari membangun jaringan dari awal atau memperbaiki jaringan yang sudah ada dalam hal kapasitas atau kecepatan. Berikut adalah ilustrasi jaringan FTTH yang merepresentasikan jaringan perangkat optik pasif yang disajikan pada gambar 1.2 sebagai berikut



Gambar 1.2 Skema Untuk Jaringan Optik Pasif

Pada Gambar 1.2 ODC, ODP dan pelanggan digambarkan dalam bentuk *Node* Perangkat penting dalam pembagian jaringan adalah *passive splitter* yang berfungsi untuk membagi kabel besar (*feeder*) dari Stasiun Telekomunikasi Office (STO) dengan menggunakan *Optical Distribution Center* (ODC) kemudian dibagi kembali menuju pelanggan menggunakan *Optical Distribution Point* (ODP). Pada penelitian ini perusahaan telekomunikasi mendefinisikan permasalahan tentang desain jaringan dari mulai *Optical Distribution Center* (ODC) hingga menuju pelanggan di Kec.Panjang Jiwo. Dalam membangun Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I menggunakan Model *Integer Linier Programming – Hub to Spoke*. Pemilihan Model ini berdasarkan lokasi pelanggan dan desain jaringan yang ditetapkan oleh manajemen perusahaan. Dalam konteks riset operasi, jaringan telekomunikasi terdiri dari kumpulan node dan satu set link bergabung beberapa pasang node. node ini adalah poin permintaan yang mengirim atau menerima pesan berupa informasi seperti suara, data, dan transmisi video. Transmisi selesai melalui hubungan komunikasi (Klincewincz, 1998).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan posisi ODC dan ODP yang tersebar dan penempatan pelanggan di ODP. ODP yang telah tersambung dengan pelanggan ke ODC, sehingga biaya kabel, pekerja, sambungan, dan biaya *splitting* menjadi minimum hingga jaringan menjadi berguna ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian bertujuan untuk membantu :

1. Menentukan titik sambung pelanggan baru ke-ODP dan ODP ke ODC, sehingga penggunaan kabel fiber optik minimum.
2. Membuat model *Hub Location Problem* Proyek jaringan FTTH Kec. Panjang Jiwo tahap satu.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjaga reputasi PT.Telkom Indonesia agar tetap menjadi *market leader* dipasar penyedia layanan Internet.
2. Memperluas jaringan FTTH PT. Telkom Indonesia untuk siap menampung kebutuhan permintaan dimasa depan.
3. Dengan desain jaringan FTTH yang efektif dapat mempermudah dan menekan biaya pemeliharaan.
4. Membantu PT. Telkom Indonesia untuk memigrasikan jaringan ADSL (tembaga) ke jaringan FTTH (fiber optik).
5. Mereduksi biaya Instalasi Jaringan FTTH.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini mencakup pada batasan dan asumsi penelitian.

1.5.1 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT. Telkom Indonesia dan lokasi perencanaan di kelurahan Panjang Jiwo Surabaya Timur.
2. Penelitian ini hanya menjangkau dari ODC menuju ODP.
3. Nilai hambatan kabel tidak menjadi pembatas pada fungsi batasan (*constrain*)

1.5.2 Asumsi Penelitian

Adapun asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Setiap pelanggan hanya dapat tersambung di Optical Distribution Point (ODP).

2. Setiap ODP hanya dapat terbagi menjadi 8.
3. Standar redaman serat optik adalah 0,23/Km ; 0,01/sambungan dan redaman aman 5.2 db Sudah terpenuhi.
4. Maksimal *splitting* adalah 32.
5. Semua ODP yang terhubung di pelanggan terhubung dengan ODC.
6. Diasumsikan hanya untuk melayani 20 pelanggan baru.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mendesain infrastruktur jaringan telekomunikasi membutuhkan beberapa disiplin ilmu seperti Riset Operasi, *Electric Electronic Engineering*, dan *Computer Science* agar dapat memeriksa dan menjelaskan dengan perspektif masing masing. Masih dalam konteks Riset Operasi, Jaringan telekomunikasi terdiri dari serangkaian *nodes* yang terhubung dan berkaitan (Klincewincz, 1998) . Pada literatur Riset Operasi, desain jaringan dan link telekomunikasi bahwa permasalahan desain jaringan telekomunikasi adalah menemukan konfigurasi antar node yang tepat untuk memenuhi permintaan pelanggan. Kriteria desain jaringan yang harus dipenuhi adalah biaya jaringan, kapasitas, kehandalan, performa dan pola permintaan (Klincewincz, 1998).

2.1 Pendekatan Riset Operasi

Riset operasi adalah penerapan metode-metode ilmiah terhadap masalah-masalah rumit yang muncul dalam pengarahannya dan pengelolaan dari sistem besar manusia, mesin, bahan dan uang dalam industry, bisnis, pemerintahan dan pertahanan. Pendekatan khusus ini bertujuan membentuk suatu model ilmiah dari sistem, menggabungkan ukuran-ukuran faktor-faktor seperti kesempatan dan risiko, untuk meramalkan dan membandingkan hasil-hasil dari beberapa keputusan, strategi atau pengawasannya. Tujuannya adalah membantu pengambil keputusan menentukan kebijakan dan tindakannya secara ilmiah. Metode Riset Operasi yang berkaitan dengan transmisi data internet berkaitan dengan sistem logistik dimana produsen mendistribusikan produknya sampai di konsumen. Berdasarkan Skema pada Gambar 1.1 Node-node yang terhubung mirip pada skema jaringan distribusi rantai pasok. Jika ODC adalah distribution center maka ODP adalah retailer. Jika data dimisalkan sebagai *finished goods* maka jalur pendistribusiannya pertama dari kantor pusat menuju ODC kemudian didistribusikan kembali oleh ODP menuju pelanggan dengan alat transportasinya menggunakan kabel fiber optik. Salah satu metode Riset Operasi dalam kasus transportasi adalah *Integer Linier Programming*.

2.1.1 Integer Linier Programming (ILP)

Pemrograman bilangan bulat atau pemrograman linier integer (Integer Linier Programming/ILP) pada intinya berkaitan dengan program – program linier dimana beberapa atau semua variable memiliki nilai – nilai integer (bulat) atau diskrit. Menurut (Hillier, 1995) banyak sekali penerapan pemrograman bilangan bulat yang merupakan perluasan dari suatu pemrograman linier. Akan tetapi bidang penerapan lain yang mungkin lebih penting adalah masalah yang menyangkut sejumlah “keputusan ya atau tidak” yang saling berhubungan. Dalam keputusan seperti ini, hanya ada dua pilihan kemungkinan yaitu ya atau tidak. Sebagai contoh, apakah kita harus mengerjakan suatu proyek tertentu. Dengan hanya dua pilihan ini, kita hanya dapat menyatakan keputusan-keputusan seperti itu dengan peubah keputusan yang dibatasi hanya pada dua nilai, misalkan nol dan satu. Jadi, keputusan ya atau tidak ke j akan dinyatakan dengan x_j sedemikian sehingga,

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{jika keputusan } j \text{ adalah "ya"} \\ 0, & \text{jika keputusan } j \text{ adalah "tidak"} \end{cases}$$

peubah – peubah seperti ini disebut peubah biner (atau peubah 0 atau 1).

(Gaspers, 2002) menyatakan bahwa pada dasarnya pemrograman bilangan bulat memiliki empat karakteristik utama, yaitu :

- a. Masalah pemrograman bilangan bulat berkaitan dengan upaya memaksimumkan (pada umumnya keuntungan) atau meminimumkan (pada umumnya biaya). Upaya optimasi (maksimum atau minimum) ini disebut sebagai fungsi tujuan (*objective function*) dari *integer linear programming*. Fungsi tujuan ini terdiri dari variabel- variabel keputusan (*decision variable*) yang bersifat bilangan bulat (*integer*).
- b. Terdapat kendala-kendala atau keterbatasan, yang membatasi pencapaian tujuan yang dirumuskan dalam linear programming. Kendala-kendala ini dirumuskan dalam fungsi-fungsi kendala (*constraint's functions*), terdiri dari variabel-variabel keputusan yang menggunakan sumber-sumber daya yang terbatas itu.

- c. Memiliki sifat linieritas. Sifat linieritas ini berlaku untuk semua fungsi tujuan dan fungsi kendala.
- d. Memiliki sifat undivisibility. Sifat divisibility diperlukan, karena *integer linear programming* memperhitungkan jumlah solusi secara bilangan bulat.

Jadi dalam hal ini produk yang dihasilkan tidak dapat dalam bentuk pecahan. Untuk penyelesaian pada metode *integer linier programming* menurut Taha (2006) terdapat dua metode untuk menghasilkan batasan-batasan khusus yang akan memaksa pemecahan optimum dari masalah *integer linier programming* yang dilonggarkan untuk bergerak ke arah pemecahan integer yang diinginkan, yaitu :

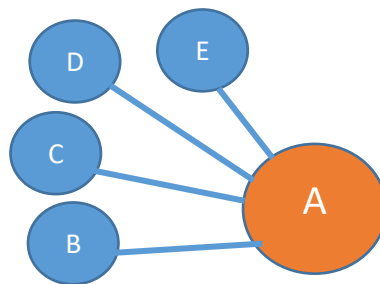
- a. *Branch and Bounch*.
- b. Bidang Pemotongan.

Cara yang populer yang digunakan untuk algoritma *integer linier programming* adalah dengan menggunakan teknik pencabangan dan pembatasan (branch and bound) dan gagasan yang berhubungan dengan pencacahan implisit penyelesaian penyelesaian bilangan bulat yang layak (Hillier,1994). Konsep utama yang mendasari teknik *Branch and bound* adalah dengan membagi dan menyelesaikan (*divide and conquer*). Karena masalah aslinya berukuran besar dan sangat sulit untuk diselesaikan secara langsung maka masalah ini dibagi menjadi submasalah yang lebih kecil dan kemudian menjadi anak gugus yang lebih kecil dan kemudian menjadi anak gugus yang lebih kecil lagi. Pembagian (atau pencabangan) ini dilakukan dengan membagi gugus dari keseluruhan penyelesaian layak menjadi anak gugus-anak gugus yang lebih kecil dan kemudian menjadi anak gugus yang lebih kecil lagi. Penyelesaian dikerjakan sebagian-sebagian dengan adanya pembatasan seberapa bagusnya penyelesaian terbaik pada suatu anak gugus dan kemudian membuang anak gugus tersebut jika batas nilainya mengindikasikan bahwa anak gugus tersebut tidak mungkin lagi mengandung suatu penyelesaian optimal untuk masalah asli (Hillier, 1994).

2.1.2 Hub Locations Problem

Banyak sistem logistik seperti jaringan *less-than-truck-load*, jaringan maskapai, antar-moda pengiriman, jaringan antar karyawan dan *spoke system*. Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan kapasitas yang lebih besar atau

kendaraan lebih cepat atau mode pengiriman ketujuan yang jaraknya jauh. Akibatnya, sistem ini mengurangi biaya rata-rata transportasi per-satuan jarak atau jumlah waktu pengiriman (Daskin, 1995). Dalam sistem *multiple-hub* mempunyai keuntungan setiap hub atau node dapat berguna dengan baik. Dalam sebuah jaringan yang setiap node terhubung langsung dengan satu ikatan (*spoke*) dan semua saling terkoneksi dengan satu hub, ilustrasi ini di gambarkan di Gambar 2.1 sebagai berikut



Gambar 2.1 Jaringan *Hub-and-Spoke* dengan 5 Nodes

Pada Gambar 3.1 mengilustrasikan sistem yang melayani 5 kota dengan 1 kota sebagai hub, hub pada Gambar 3.1 diwakili oleh kota A. Pada Gambar 2.1 dimulai dengan memformulasi kan model lokasi yang sederhana untuk *single hub*. Kami meminimasi jumlah biaya permintaan terboboti terkait dengan menyambungkan semua node ke satu hub seperti pada Gambar 3.1. Untuk memformulasikan model *single hub*, kami jelaskan pada persamaan sebagai berikut

Inputs

h_{ij} = Permintaan diantara kota asal ke- i dan kota tujuan ke- j

c_{ij} = biaya untuk pengiriman antara node ke- i menuju ke- j (bukan hub ke hub)

Variabel Keputusan

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{jika hub diletakan pada node } j \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika node tersambung ke-hub terlokasi di node } j \\ 0, & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Dengan persamaan ini, model *single-hub* dapat diformulasikan sebagai berikut

$$\text{Minimize} \quad \sum_i \sum_j \sum_k h_{ik} (c_{ij} + c_{jk}) Y_{ij} Y_{kj} \quad (2.1)$$

Persamaan 2.1 menjelaskan bahwa meminimasi jumlah biaya yang terkait dengan transport yang melalui hub. Aliran permintaan dari “ i ” ke node “ j ” (h_{ij}) dikalikan dengan biaya dari node i ke hub pada node k dan dari sana ke node tujuan j ($c_{ik} + c_{kj}$). Ini adalah biaya permintaan yang terboboti yang dihitung jika ada hub pada lokasi k .

$$\text{Subject to} \quad \sum_j X_j = 1 \quad (2.2)$$

Konstrain ditetapkan hanya pada satu hub.

$$Y_{ij} - X_{ij} = 1 \quad \forall i, j \quad (2.3)$$

Konstrain 2.3 menyatakan *demand* node i tidak dapat di sambungkan ke node di j , kecuali menempatkan hub di j .

$$X_j = 0,1 \quad \forall i, j \quad (2.4)$$

$$Y_{ij} = 0,1 \quad \forall i, j \quad (2.5)$$

Pada persamaan 2.4 dan 2.5 adalah standar keutuhan konstrain.

2.2 Fiber Optik

Fiber optik adalah kaca dan tabung plastik yang mampu mentransmisikan cahaya, kemudian diubah menjadi suara, pidato atau informasi. Fiber optik yang terdiri bidang yang berhubungan dengan studi dan penerapan teknologi fiber optik. Kabel fiber optik juga dikenal sebagai kabel fiber optik. Kabel ini menggunakan pulsa cahaya untuk membawa dan mengirimkan data dari titik ke titik. Kabel fiber optik dapat mengirimkan data dan sinyal pada bandwidth yang lebih tinggi dan pada kecepatan yang lebih cepat dari tembaga tradisional atau jalur kabel aluminium. Hal ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi transmisi data.

2.2.1 Fungsi Fiber Optik

Fungsi fiber optik dimaksudkan untuk mengarahkan gelombang cahaya dalam satu arah melalui proses pembiasan cahaya. Pada dasarnya, kabel fiber optik mengirimkan gelombang cahaya dari satu titik fisik yang lain dengan menangkap cahaya dalam kabel dan memantulkannya kembali ke dalam setiap kali ia mencoba untuk melarikan diri. Hal ini membuat fiber optik kabel semacam seperti sebuah prisma dari mana gelombang cahaya tidak dapat melarikan diri. Satu-satunya tempat untuk gelombang cahaya untuk pergi, maka adalah ujung dari kabel fiber optik. Fungsi fiber optik dimaksudkan untuk mengarahkan gelombang cahaya dalam satu arah melalui proses pembiasan cahaya. Pada dasarnya, kabel fiber optik mengirimkan gelombang cahaya dari satu titik fisik yang lain dengan menangkap cahaya dalam kabel dan memantulkannya kembali ke dalam setiap kali ia mencoba untuk melarikan diri. Hal ini membuat fiber optik kabel semacam seperti sebuah prisma dari mana gelombang cahaya tidak dapat melarikan diri. Satu-satunya tempat untuk gelombang cahaya untuk pergi, maka adalah ujung dari kabel fiber optik.

2.2.1 Fiber to The Home (FTTH)

FTTH (*Fiber To The Home*) merupakan penyelenggaraan jaringan dengan medium penghantaran kabel Serat optik hingga mencapai ke titik pelanggan (*customer premise*). Perkembangan teknologi ini tidak terlepas dari kemajuan perkembangan teknologi serat optik yang dapat menggantikan penggunaan kabel konvensional berupa kabel tembaga (Cu). Dan juga didorong oleh keinginan untuk mendapatkan layanan yang dikenal dengan istilah Triple Play Services yaitu layanan akan akses internet yang cepat, suara (jaringan telepon, PSTN) dan video (TV Kabel) dalam satu infrastruktur pada unit pelanggan. Berbeda dengan jaringan kabel optik konvensional yang memerlukan dua core kabel optik untuk transmit (Tx) dan receive (Rx) data informasi yang dilewatkan, maka pada FTTH digunakan cukup satu core saja kabel optik untuk Tx dan Rx. Hal ini dimungkinkan dengan menggunakan perbedaan panjang gelombang cahaya yang digunakan pada Tx maupun Rx. Teknologi yang digunakan ini dikenal sebagai PON (Passive Optical Network). Dalam standarisasi teknologi PON terdapat dua institusi internasional

ternama yang berbeda basis pengembangannya. ITU (*International Telecommunication Union*) dengan basis teknologi telekomunikasi menstandarkan pertama kali APON, A merefer dari ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) dan berkembang hingga saat ini sebagai GPON. Sedangkan IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineering*). Teknologi FTTH ini dapat menghemat biaya dan mampu menekan biaya operasi dan memberikan layanan yang lebih baik (*Service excellent*) kepada costumer. Ciri-ciri inheren serat optik membenarkan penghantaran isyarat telekomunikasi dengan lebar jalur yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kabel konvensional (tembaga).

Pusat penghantaran penyelenggara layanan (*service provider*) yang berada di kantor utama disebut juga dengan *central office (CO)*, disini terdapat peralatan yang disebut dengan OLT. Kemudian dari OLT ini dihubungkan kepada ONU yang ditempatkan di rumah-rumah pelanggan (*customer's*) melalui jaringan distribusi serat optik (*Optical Distribution Network, ODN*). Isyarat optik dengan panjang gelombang (*wavelength*) 1490 nm dari hilir (*downstream*) dan isyarat optik dengan panjang gelombang 1310 nm dari hulu (*upstream*) digunakan untuk mengirim data dan suara. Sedangkan layanan video dikonversi dahulu ke format optik dengan panjang gelombang 1550 nm oleh optik pemancar video (*optical video transmitter*). Isyarat optik 1550 nm dan 1490 nm ini digabungkan oleh pengabung (*coupler*) dan ditransmisikan ke pelanggan secara bersama. Singkatnya, tiga panjang gelombang ini membawa informasi yang berbeda secara simultan dan dalam berbagai arah pada satu kabel serat optik yang sama.

2.2 Passive Optical Network (PON)

Passive Optical Network mendasarkan pada bentuk arsitektur *point-to-multipoint*. PON merupakan sistem akses serat optik yang memiliki biaya efektif dan menyediakan layanan broadband, suara, video, data dan servis lainnya yang biasa disebut dengan *Next Generation Play Network (NGPN)*. PON menggunakan *splitter* serat optik untuk menghubungkan OLT di *Central Office (CO)* dengan *Optikal Network Unit (ONU)* yang terletak pada sisi pelanggan. *Passive Splitter* diletakan untuk keperluan *downstream* dari CO dan dapat membagi sinyal fiber hingga 64 bagian dengan jarak maksimum 20km. Arsitektur ini disebut

passive karena semua *splitter* dan peralatan diantara CO dan ONU merupakan alat yang tidak memerlukan sumber daya listrik sehingga meminimalkan biaya pemeliharaan jaringan. OLT berfungsi untuk mengumpulkan dan memindah fungsi antara jaringan kabel dengan *interface* PON serta untuk fungsi manajemen. ONU berfungsi sebagai akses pengguna. PON memudahkan dalam hal operasional dan perawatan, dan biayanya yang murah.

2.3 Perangkat FTTH

Dalam membangun jaringan FTTH terdapat perangkat sebagai berikut.

2.3.1 *Optikal Line Terminal* (OLT)

OLT adalah perangkat yang berfungsi sebagai titik akhir dari *provider* layanan PON. OLT memiliki 2 fungsi utama yaitu :

1. Untuk mengubah antara sinyal listrik yang digunakan oleh peralatan provider dengan sinyal serat optik yang digunakan oleh jaringan PON.
2. Untuk memproses *multiplexing* dengan perangkat pada ujung jaringan.

2.1 *Optikal Distribution Network* (ODN)

ODN adalah jaringan optik antara perangkat OLT sampai perangkat ONU. ODN menyediakan sarana transmisi optik dari OLT terhdap pengguna dan sebaliknya. Transmisi ini menggunakan komponen optik pasif. Adapun ODN terbagi menjadi dua bagian, yaitu *Optikal Distribution Cabinet* (ODC) dan *Optikal Distribution Point* (ODP). Dari OLT keluarannya *feeder cable* menuju ODC.



Gambar 2.2 *Optikal Distribution Cabinet* (ODC)

Optikal Distribution Cabinet (ODC) adalah suatu ruang yang berbentuk kotak atau kubah (*dome*) yang terbuat oleh material khusus yang berfungsi sebagai tempat instalasi sambungan jaringan optik *single-mode*, yang dapat berisi *connector*,

splicing, maupun *splitter* dan dilengkapi ruang manajemen serat optik dengan kapasitas tertentu pada jaringan PON, untuk jaringan telekomunikasi.

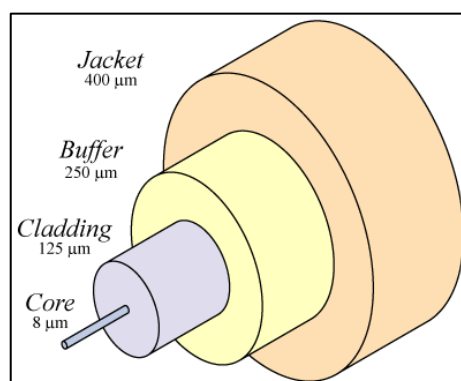


Gambar 2.3 *Optikal Distribution Point (ODP)*

Optikal Distribution Point adalah tempat terminasi kabel yang memiliki sifat-sifat tahan korosi, tahan cuaca, kuat dan kokoh dengan konstruksi untuk dipasang diluar. ODP berfungsi sebagai tempat instalasi sambungan jaringan optik single-mode terutama untuk menghubungkan kabel fiberoptik distribusi dan kabel drop. Perangkat ODP dapat berisi *optikal pigtail*, *connector adaptor*, *splitter room* dan dilengkapi ruang manajemen fiber dengan kapasitas tertentu.

2.4 Kabel Fiber Optik

Secara garis besar kabel serat optik menurut Hect (1999) terdiri dari 2 bagian utama, yaitu cladding dan core. Cladding adalah selubung dari inti (core). Cladding mempunyai indek bias lebih rendah daripada core akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari core kembali kedalam core lagi.



Gambar 2.4 *Singlemode Fibre Structure*

Bagian-bagian serat optik jenis single mode Dalam aplikasinya serat optik biasanya diselubungi oleh lapisan resin yang disebut dengan jacket, biasanya berbahan plastik. Lapisan ini dapat menambah kekuatan untuk kabel serat optik,

walaupun tidak memberikan peningkatan terhadap sifat gelombang pandu optik pada kabel tersebut. Namun lapisan resin ini dapat menyerap cahaya dan mencegah kemungkinan terjadinya kebocoran cahaya yang keluar dari selubung inti. Serta hal ini dapat juga mengurangi cakap silang (cross talk) yang mungkin terjadi

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berkaitan dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang topik riset operasi, khususnya optimasi.

Kokangul & Ari, (2011) melakukan optimasi terhadap penggunaan ODP dan ODC pada perencanaan jaringan serat optik perusahaan *Turkish Telecom Company*. Penelitian mereka menangani masalah perencanaan PON yang teradapat tiga *sub-problem*, (i) mereka menentukan jumlah *total pons* yang diperlukan (splitter), (ii) menghubungkan unit jaringan optik ke splitter, (iii) relokasi posisi splitter hingga mencapai yang biaya optimal. Mereka menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* dan pemrograman algoritma genetika berdasarkan pada struktur kompleksitas masalah *sub-problem*.

Maximal Covering Location Problem (MCLP) adalah masalah klasik dalam analisis lokasional dengan aplikasi baik dalam jumlah medan, seperti kesehatan, perencanaan darurat, ekologi, klasifikasi statistik, keamanan tanah air. Rafael, Emilio, & Boglárka, (2015) dalam penelitiannya melakukan studi tentang penggunaan metode yang mengarah menuju *Mixed Integer Linier Programing* (MINLP) untuk mengkaji (MCLP). Lokasi dari fasilitas-fasilitas p sepanjang ujung jaringan sehingga yang diharapkan kebutuhan konsumen ter-cover maksimal, dimana permintaan terus didistribusikan disampai ujung jaringan.

Bahar et al (2015) di green field Turki, mereka mendesain ulang jaringan kabel tembaga karena akan dimigrasikan ke jaringan fiber optik. Masalah kedua pihak perusahaan penyedia internet manganjurkan jaringan kabel tembaga tetap ada. Bahar di instruksikan bagaimana membuat desain jaringan fiber optik dengan bandwidth kecepatan tinggi dari kantor pusat sampai ke-pelanggan yang membutuhkan di green field dengan biaya rendah. Kemudian bahar melakukan

optimasi yang memperhatikan insertion loss, redaman dalam skala “db”, biaya pekerja, dan semua harga dan kebutuhan bahan. Setelah terbentuk model matematis dan perhitungan berdasarkan data *real* maka model tersebut dapat diterapkan untuk mendesain jaringan di Green Field Turki.

Reza Tianto (2016) melakukan penelitian instalasi jaringan fiber optik di Surabaya Timur berlokasi di Kelurahan Panjang Jiwo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan mengoptimasi jumlah penggunaan kabel fiber optik, penempatan pelanggan baru di ODP. Pada penelitian ini juga merancang jaringan kabel fiber optik tanpa memperhatikan hambatan (*antenuation*) pihak perusahaan hanya mengizinkan peneliti untuk mengukur panjang kabel yang tersambung dari ODC menuju ODP dan berakhir di pelanggan. Untuk penempatan pelanggan, jarak pelanggan tidak melebihi dari 100 meter dari ODC. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *Integer Linier Programming Hub Location Problem*. Untuk Posisi penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Posisi Penelitian

No	Peneliti (Tahun)	Lokasi Penelitian	Obyek Penelitian	Metode Optimasi				
				A	B	C	D	E
1	A. Kokangul, A. Ari (2011)	Residential Area Turkey	Perencanaan <i>Passive Optik</i> Network (PON)		√			
2	Rafael Blanquero, Emilio Carrizosa, Boglárka G.-Tóth (2015)	Hungarian National Research	Simulasi Memaksimalkan fasilitas "P" Hingga ke Ujung Jaringan	√		√		
3	Yaza Basak, Arslan Okan, Oya Ekin, Karasan Oya Ekin, & Kara Y Bara (2015)	Bilken University Ankara Turkey	<i>Re-design Dooper Network to FTTH Network</i>				√	
4	Reza Tianto (2016)	Kelurahan Panjang Jiwo Surabaya Timur	Optimasi perencanaan jalur baru jaringan FTTH di Kecamatan Panjang Jiwo					√

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| A. Algoritma Genetika. | D. Mixed Integer Nonlinear |
| B. Max Covering Problem. | Program. |
| C. Heuristik. | E. Integer Linier Programming. |

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah dan metode penelitian yang dilakukan. Langkah-langkah dalam penelitian ini secara umum terdiri dari pengumpulan data, pengolahan data, penjelasan model *Linear Programming*.

Tahapan pengumpulan data mencakup pada beberapa metode yang digunakan. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari data jarak ODC terhadap ODP, jarak rumah pelanggan terhadap ODP, Harga kabel per-meter, jumlah biaya splicing, biaya tenaga kerja yang diproduksi, data komponen biaya biaya yang timbul, data ketersediaan lahan, dan juga tentu saja data permintaan / *demand* pada periode bulan Januari – Maret 2016.

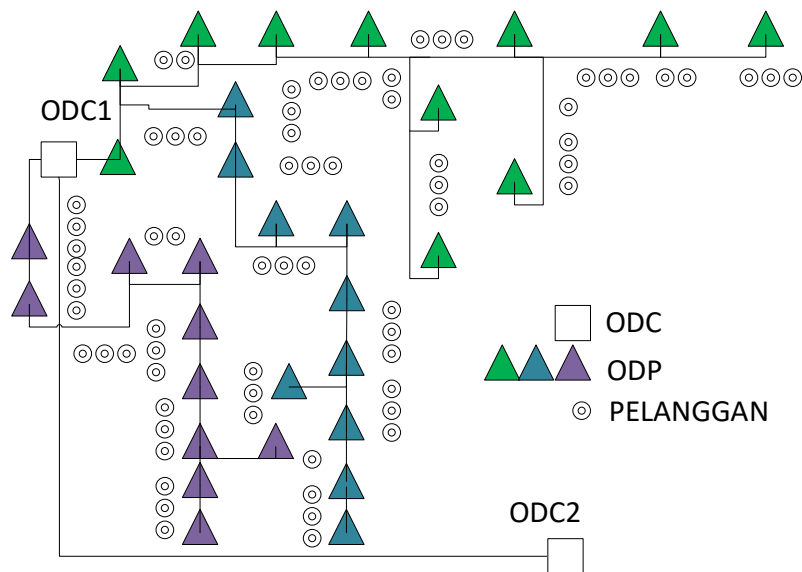
3.1 Tahapan Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diperoleh dari pembukuan perusahaan maupun dari hasil wawancara dengan para PT. Telkom Indonesia tersebut. Pengumpulan data dilakukan di PT. Telkom Indonesia adalah sebagai berikut :

1. Jenis passive splitter.
2. Data Jarak rumah pelanggan terhadap ODP didapatkan dengan pengukuran manual menggunakan alat *roll meter*.
3. Data Jarak ODP terhadap ODC didapatkan dengan pengukuran manual menggunakan alat *roll meter*.
4. Data biaya operasional, biaya tenaga kerja, biaya splicing dan biaya splitting didapatkan dari Bill of Quality *Project*.

3.2 Membentuk Model ILP *Node to Node*

Penyelesaian untuk penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan model matematis umum dari *Integer Linear Programming* yang berdasarkan dengan tujuan penelitian serta batasan-batasan masalah yang ada di perusahaan. Skema jaringan fiber optik Kec. Panjang jiwo adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Skema Jaringan FTTH Tahap 1

Pada Gambar 3.1 mengilustrasikan jaringan FTTH tahap 1 dan terkoneksi pada jaringan FTTH. Adapun komponen utama dalam pengembangan model *Integer Linear Programming* adalah sebagai berikut :

A. Index

Index adalah definisi penamaan yang akan digunakan pada variabel keputusan, adapun index yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Index Dalam Penelitian

Index	Definisi
i	Pelanggan
j	ODP
k	ODC

B. Parameter Penelitian

Parameter penelitian berisi tentang data data perencanaan FTTH yang ada dalam penelitian ini. Adapun parameter yang digunakan yang tabulasikan dalam Tabel 3.2 adalah sebagai berikut

Tabel 3.2 Tabel Parameter Dalam Penelitian

Variabel	Notasi	Definisi
Cost	C	Biaya kabel dan Jasa core per meter
	C_{fs}	Biaya casing dan penyambungan setiap sambungan
Distance	L_{ij}	Jarak Pelanggan ke- i dengan ODP
	L_{jk}	Jarak ODP ke- j dengan ODC ke- k
Assignment	X_{ijk}	<i>Assignment</i> antara pelanggan ke- i terhadap ODP ke- j hingga ODC- k
	Y_{jk}	<i>Assignment</i> antara ODP ke- j terhadap ODC ke- k

C. Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan-keputusan yang akan dibuat. Adapun variabel keputusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika pelanggan ke-} i \text{ tersambung di ODP ke-} j \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$Y_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{jika ODP ke-} j \text{ terkoneksi di ODC} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

Dimana :

i = Pelanggan ke- i

j = ODP ke- j

k = ODC ke- k

D. Perumusan Fungsi Tujuan

Fungsi Tujuan dari penelitian ini adalah meminimalkan biaya dan mencakup semua pelanggan yang ada di Kel. Panjang Jiwo. Adapun formulasi fungsi tujuannya sendiri adalah sebagai berikut merefer pada persamaan 2.1 fungsi tujuan untuk desain jaringan FTTH Kec. Panjang Jiwo di ditulis pada persamaan 3.1 sebagai berikut

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} \left(C \times L_{ijk} + C_{fs} \left(\frac{L_{ijk}}{a} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} \left(C \times L_{jk} + C_{fs} \left(\frac{L_{jk}}{a} \right) \right) \quad (3.1)$$

Persamaan 3.1 adalah fungsi tujuan untuk meminimasi panjang kabel, biaya pekerja, biaya bahan dan biaya sambungan. “a” adalah panjang kabel fiber optik yang tersedia.

E. Perumusan Fungsi Kendala

Kendala merupakan pembatas yang harus diperhatikan dalam penelitian ini, artinya untuk mencapai tujuan terdapat beberapa batasan-batasan yang tidak bisa dilanggar sebagai berikut

$$\sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^n X_{ijk} = 1 \quad ; \quad \forall j, k \quad (3.2)$$

Pada persamaan 3.2 menyatakan setiap pelanggan harus *assignment* hanya pada satu ODP. Kemudian membuat fungsi batasan untuk port yang tersedia di ditulis kedalam persamaan 3.3 sebagai berikut

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} \leq b, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, m \quad (3.3)$$

Pada persamaan 3.3 menjelaskan bahwa ODP hanya bisa menampung sebanyak “b” pelanggan kemudian kami membuat fungsi batasan untuk *assignment* ODC yang ditulis pada persamaan 3.4

$$\sum_{k=1}^s Y_{jk} = 1, \quad \forall k, k = 1, 2, \dots, s \quad (3.4)$$

Pada persamaan 3.4 menyatakan ODP_j harus tersambung ke ODC_k. Untuk menyambungkan ODP_j ke pelanggan ke-i mempunyai batasan jarak yang ditulis kedalam persamaan 3.5 sebagai berikut

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} L_{ij} \leq z \quad (3.5)$$

Pada persamaan 3.5 menjelaskan bahwa ODP yang sudah tersambung dengan pelanggan tidak lebih dari “z” meter.

3.3 Pengolahan Data

Data-data yang didapat dari hasil pengumpulan data kemudian diolah dengan bantuan suatu program. Pengolahan data untuk optimasi sendiri yang menggunakan Linear Programming dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Lingo* 11.0 dengan komputer *notebook* dengan spesifikasi *prosesor i7 Quad core* (~2.6Ghz – 3,3Ghz) *chace* sebesar 6 *megabyte*, dan menggunakan RAM sebesar 12 *Gigabyte*. Langkah awal adalah mendeskripsikan Parameter-Parameter dalam penelitian kedalam bahasa pemrograman Lingo, kemudian memasukan data data seperti jarak pelanggan ke ODP dan jumlah sisa port yang tersedia Setelah fungsi tujuan dan fungsi kendala dibuat, langkah berikutnya adalah memasukkan formulasi matematis tersebut kedalam program tersebut agar didapatkan solusi optimumnya. Kemudian melakukan analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui akibat yang mungkin terjadi dari perubahan-perubahan tersebut dapat diketahui dan diantisipasi sebelumnya..

3.4 Tahap Analisis Sensitivitas

Tahap ini merupakan tahapan terakhir dari seluruh proses penelitian yang sudah dilakukan. Tujuan dilakukannya analisis sensitivitas adalah untuk mengantisipasi adanya perubahan-perubahan berikut:

1. Adanya cost overrun, yaitu kenaikan biaya-biaya, seperti biaya konstruksi, biaya bahan-baku.
2. Penurunan produktivitas
3. Mundurnya jadwal pelaksanaan proyek
4. Setelah melakukan analisis dapat diketahui seberapa jauh dampak

perubahan tersebut terhadap kelayakan proyek: pada tingkat mana proyek masih layak dilaksanakan. Parameter yang akan di uji adalah Panjang Kabel dan tipe ODP yaitu ODP 1:8 dan ODP 1:4.

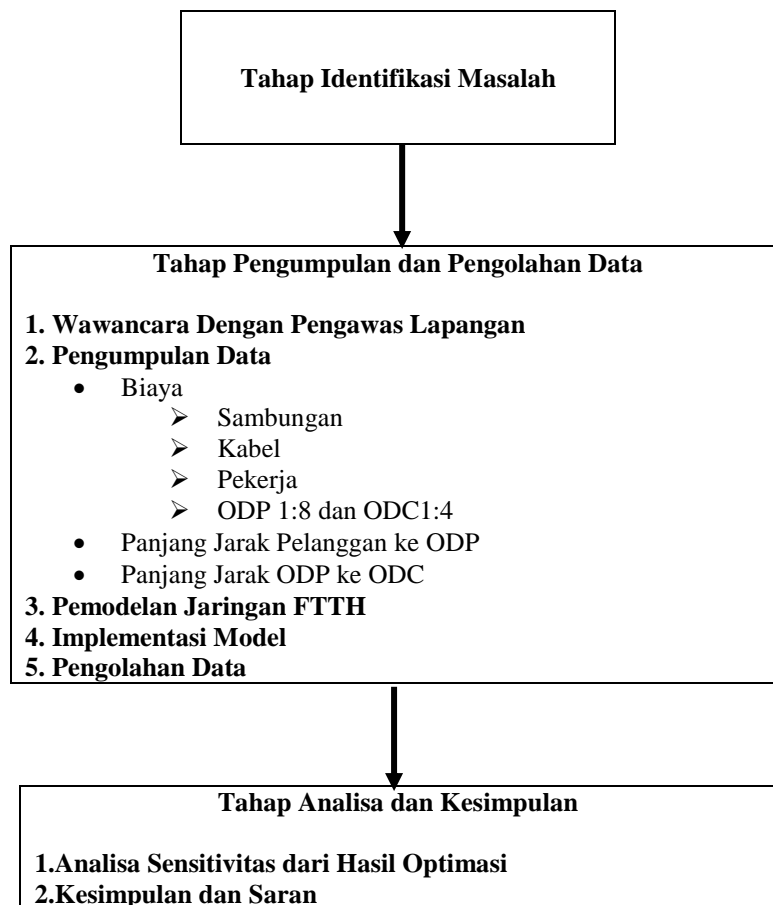
3.5 Kesimpulan

Dari proses analisis hasil yang sudah didapat bisa ditarik suatu kesimpulan berupa berapa jumlah nilai proyek yang minimum dan peletakan ODP, ODC sesuai

dengan kebutuhan pelanggan. sehingga dapat memaksimalkan profit yang ada dengan memenuhi segala jenis permintaan atau demand dari pelanggan yang ada. Adapun kesimpulan dan saran dari penelitian ini bisa menjadi referensi strategi PT.Telkom Indonesia dalam menentukan atribut-atribut apa saja yang terkait cost yang diperlukan untuk setiap akan memulai proses perencanaan jaringan FTTH.

3.6 Tahap Penelitian

Langkah aliran penelitian ini di ilustrasikan kedalam gambar 3.2 sebagai berikut



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.7 Tinjauan Pustaka

Tahap ini merupakan tahapan terakhir dari seluruh proses penelitian yang sudah dilakukan. Pada tahap ini akan dianalisis hasil dari output Lingo 11.0 sehingga dapat ditarik beberapa kesimpulan dengan hasil optimum sesuai dengan tujuan awal dari penelitian ini.

BAB IV

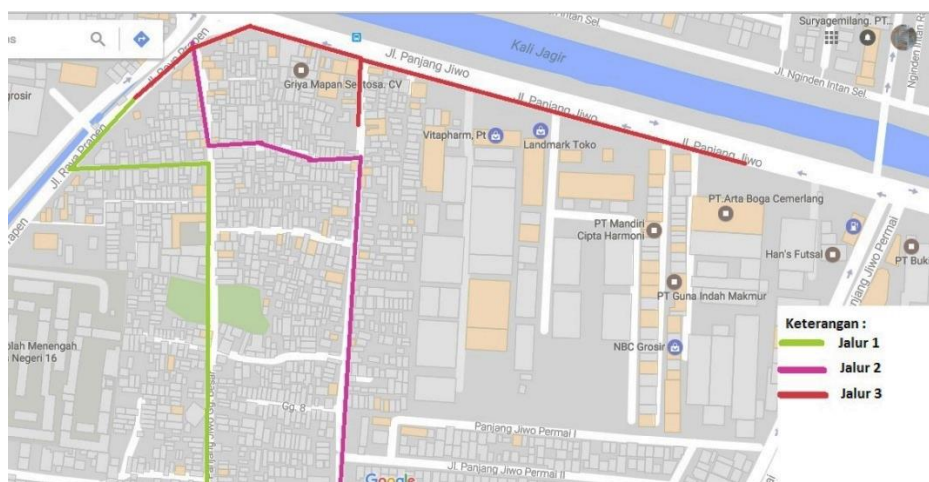
PENGUMPULAN DATA

Bab ini membahas tentang proses pengumpulan data dan dilanjutkan dengan proses pengolahan data. Bagian pertama akan memaparkan proses pengumpulan data. Kemudian data tersebut akan diolah dalam penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sebagai bahan untuk menentukan lokasi ODP dan ODC. Data-data yang dikumpulkan merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait maupun observasi langsung. Data yang dibutuhkan dalam optimasi perencanaan produksi perakitan wiring harness pada penelitian ini adalah:

1. Data jarak pelanggan menuju ODP dan Data Jarak ODP ke ODC
2. Data biaya perangkat FTTH dan Biaya Operasional.
3. Data Port ODP yang tersisa.

4.1 Proses Pengambilan Data

Untuk mendapatkan data jarak pelanggan adalah membuat peta lokasi penelitian. Lokasi penelitian berada di Kelurahan Panjang Jiwo Surabaya Timur. Untuk mendapatkan peta lokasi kami menggunakan fasilitas *Google Maps* sebagai sarana mendapatkan peta Kelurahan Panjang Jiwo yang menjadi lokasi penelitian ini. Pada gambar 4.1 akan menggambarkan Jalur kabel yang akan di instalasikan sesuai keputusan manajemen proyek FTTH Panjang Jiwo Tahap I.



Gambar 4.1 Jalur Pemasangan Kabel

Pada Gambar 4.1 jalur yang dilalui kabel FTTH terbagi menjadi tiga jalur. Jalur 1 untuk melintasi Jl. Raya Prapen – Jl. Panjang Jiwo I – Jl. Panjang Jiwo Gang Besar. Untuk Jalur dua melintasi Jl. Panjang Jiwo Besar – Jl. Panjang Jiwo IIA - Jl. Panjang Jiwo Gg.SD-I. Kemudian pada jalur tiga melintasi sepanjang Jl. Panjang Jiwo hingga Jl. Panjang Jiwo no.52. Pada setiap jalur memiliki panjang rute yang disajikan dalam Tabel 4.1 sebagai berikut

Tabel 4.1 Tabel Panjang Kabel FTTH

Jalur	Panjang Kabel(Meter)
1	671,46
2	577,27
3	448,32
Total	1697,05

Menurut Tabel 4.1 pada proyek jaringan FTTH di Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I membutuhkan sepanjang 1679,05 meter kabel optik. Nilai panjang kabel optik ini bertujuan untuk mencari nilai material, jasa,core per meter dalam Rupiah yang akan dimasukan dalam model. Setelah mengukur panjang masing-masing jalur kabel optik langkah selanjutnya adalah mengukur jarak ODP terhadap ODC.

4.1.1 Jalur 1

Pada jalur diawali dengan menarik kabel dari ODC yang berada pada Jl.Prapen. Berawal dari ODC diukur menuju ODP terdekat terlebih dahulu



Gambar 4.2 ODC Kelurahan Panjang Jiwo

Setelah mendapatkan titik awal kemudian mencari lokasi ODP terdekat. Pada Jalur 1 terdapat 10 ODP dan terdapat 6 pelanggan baru. Kondisi pada Jalur 1 terdapat perumahan warga yang cukup padat ada lebih dari 500 rumah yang berpotensi untuk menjadi pelanggan baru. Pada Gambar 4.3 mengilustrasikan bagaimana ODP di tempatkan sebagai berikut.



Gambar 4.3 ODP pada Jalur 1

Untuk pemasangan ODP diperlukan kabel tambahan (*slack*) yang berguna untuk berjaga-jaga jika dihadapkan suatu keadaan dimana kabel fiber optik rusak pihak pemeliharaan tidak memerlukan pembelian kabel baru.

4.1.2 Jalur 2

Pada Jalur 2 memiliki rute Jl. Prapen kemudian masuk ke dalam Gg. Panjang Jiwo Besar I. Setelah masuk Gg. Panjang Jiwo Besar I kemudian setelah 100meter belok kiri menuju Jl. Panajang Jiwo Gg.SD I hingga Jl.Panjang Jiwo Permai II. Kondisi di Jalur 1 mirip yaitu terdapat pemukiman warga, terpasang 10 ODP dan terdapat 9 pelanggan baru

4.1.3 Jalur 3

Pada Jalur 3 Berlokasi pada Jl. Prapen hingga Jl.Panjang Jiwo. Kondisi di Jl.Panjang Jiwo banyak bangunan pertokoan dan beberapa Pabrik kosmetik dan pengepakan. Pada Jalur 3 terdapat ODP 10 dan 7 pelanggan baru yang akan

ditempat kan ke ODP. Denah lokasi Jalur 3 diilustrasikan pada gambar 4.4 sebagai berikut



Gambar 4.4 Jalur 3 FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I

Setelah mendeskripsikan setiap jalur selanjutnya melakukan pengukuran di lapangan dengan metode manual menggunakan alat *measuring wheel*.

4.2 Pengukuran Panjang Kabel

Pengukuran panjang Kabel FTTH atau yang disebut dengan Kabel Optik dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut *Measuring Wheel* Gambar 4.5 menggambarkan alat *Measuring Wheel* sebagai berikut



Gambar 4.5 *Measuring Wheel*

Alat ini terdapat roda yang dapat digunakan dengan cara didorong sehingga pada indikator pada alat ini menampilkan angka dalam satuan meter. Setelah melakukan pengukuran panjang kabel yang dibutuhkan langkah selanjutnya adalah menghitung jarak pelanggan ke-i ke ODP ke-j.

4.3 Pengukuran Jarak Pelanggan-ODP-ODC

Pengukuran Jarak ODP terhadap ODC menggunakan cara yang sama seperti mengukur panjang kabel optik yaitu menggunakan *Measuring Wheel*. Pada setiap jalur ada 10 ODP yang sudah terpasang, Pada Tabel 4.2 menjelaskan lokasi ODP pada setiap jalur sebagai berikut

Tabel 4.2 Penempatan ODP Pada Jalur

Jalur	ODP
1	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J
2	M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V
3	K, L, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD

Setelah menempatkan ODP pada setiap jalur dan diberi nama A sampai AD kemudian melakukan pengukuran jarak ODP terhadap ODC (L_{jk}) dimana nilai jarak ODP ke ODC dimasukan kedalam pemodelan *Hub Location Problem*. setelah melakukan pengukuran didapatkan nilai jarak setiap ODP terhadap ODC yang ditabelkan dalam tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3 Jarak ODP-ODC (L_{jk})

ODC (k)					
ODP (j)	L_{jk}	ODP (j)	L_{jk}	ODP (j)	L_{jk}
A (1)	661,06	K (11)	10	U (21)	483,74
B (2)	522,06	L (12)	76,14	V (22)	473,41
C (3)	431,7	M (13)	112,42	W (23)	127,72
D (4)	506,7	N (14)	146,31	X (24)	176
E (5)	431,7	O (15)	254,42	Y (25)	138,26
F (6)	302,52	P (16)	340,16	Z (26)	99,71
G (7)	227,99	Q (17)	375,74	AA (27)	119,02
H (8)	143,54	R (18)	427,48	AB (28)	145,26
I (9)	108,73	S (19)	484,55	AC (29)	208,55
J (10)	57,66	T (20)	491	AD (30)	191,26

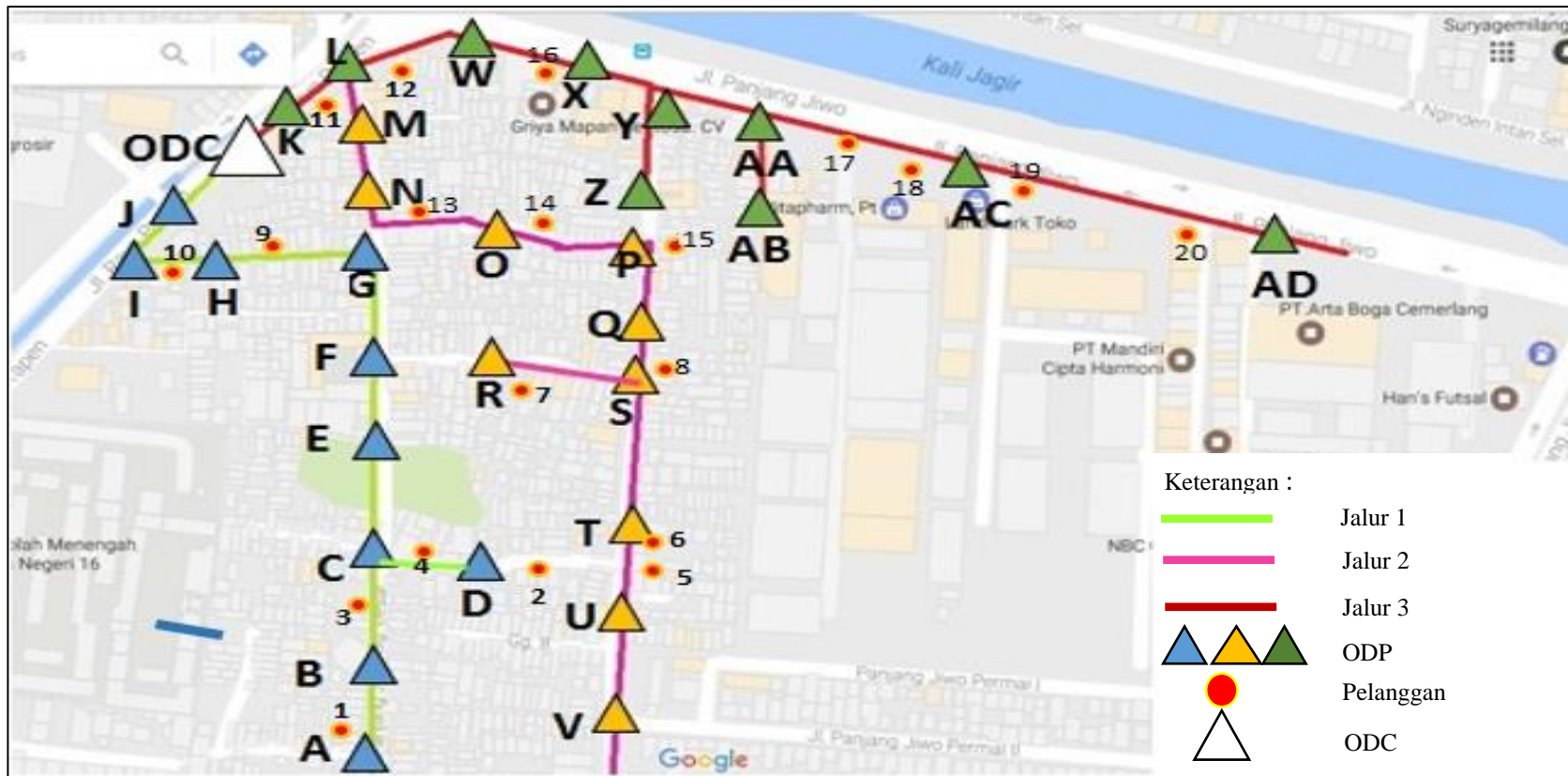
Setelah mendapatkan nilai jarak ODP ke ODC kemudian pengukuran jarak pelanggan baru yang akan disambungkan ke-*port* ODP yang ditabulasikanl pada tabel 4.4 sebagai berikut

Tabel 4.4 Jarak Pelanggan ke-i pada ODP ke-j (L_{ij}) Dalam Meter

ODP (j)	Pelanggan (i)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A (1)	20	82	143	190	336	361	418	448	503	552,33	466,33	453	389	445	569	634	789	842	939	980
B (2)	40	110	73,94	117	274	299	345	516	436	413,33	327,33	386	322	359	498	564	721	774	871	888,4
C (3)	147	180	19,58	30	184	209	266	290	352	322,97	236,97	296	255	266	405	474	626	679	776	750,21
D (4)	229	80	80,79	40,67	101	126	335	219	425	397,97	311,97	372	188	338	485	551	696	749	846	706,86
E (5)	242	232	86,73	104	246	271	159	295	274	247,97	161,97	219	121	179	345	556	549	602	699	651,94
F (6)	293	283	144,37	164	376	401	125	217	212	193,79	107,79	161	105	151	285	350	489	542	639	642,11
G (7)	302	268,17	217,95	242	456	481	198	248	134,5	119,26	33,26	157	51	374,3	194	271	411	464	561	642,11
H (8)	278,17	497,5	322,32	330	539	564	279	563	24	34,81	185	185	140	289,85	271	353	454	507	604	584
I (9)	489,5	518,39	361,99	382	584	609	328	515	78	67	153	143	192	255,04	327	308	409	462	559	583,32
J (10)	489,5	485,39	416,8	426	636	661	376	468	123	51,07	137,07	97	237	203,97	368	266	372	425	522	529,67
K (11)	595,39	585,39	429,53	506	709	734	454	416	197	68	18	15	311	226,31	351	194	293	346	443	469,74
L (12)	438,32	428,32	439,53	359	474	499	337	343	249	184,87	44	13	83	296,31	293	146	233	286	383	468,22
M (13)	438,32	428,32	339,13	278	434	459	294	303	191	221,15	90	50	45	33,89	258	192	424	477	574	404,1
N (14)	477,73	467,73	301	236	397	422	300	272	149	255,04	169,04	90	24	109	216	232	358	411	508	358,31
O (15)	561,27	551,27	268	324	276	301	221	192	109	363,15	277,15	208	140	30	125	281	241	294	391	337,31
P (16)	584	574	316	414	185	165	140	112	181	448,89	362,89	253	250	85	28	196	158	211	308	290,31
Q (17)	404,1	394,1	437	297	154	140	85	88	265	484,47	398,47	402	302	229,43	65	237	203	256	353	371
R (18)	469,74	459,74	308	290	167,75	147	14,6	41	260	536,21	450,21	450	417	281,17	209	361	320	373	470	488
S (19)	358,31	348,31	253	236	90,72	75	28	17	314	593,28	507,28	395	344	338,24	155	296	258	311	408	426
T (20)	290,31	280,31	191	204	26	15	26	83	391	599,73	513,73	462	406	344,69	218	361	310	363	460	478

ODP(j)	Pelanggan (i)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U (21)	337,31	327,31	131	157	35,92	54	57	134	446	592,47	506,47	519	466	337,43	273	417	370	423	520	538
V (22)	529,67	519,67	464,4	202	81	91	100	179	492	582,14	496,14	563	516	327,1	283,16	462	401	454	551	569
W (23)	706,86	696,86	522,06	506,5	433	408	371	407	305	236,45	150,45	81	128	121,75	226,16	103	162	207	304	322
X (24)	468,22	458,22	598,2	497	338	313	263	262	101	284,73	198,73	186	228	221,61	159	15	152	72	169	187
Y (25)	583,32	573,32	634,48	473	295	262,21	216	170	351	246,99	160,99	250	313	283,73	68	102	108	183	280	298
Z (26)	651,94	641,94	668,37	431	235,86	220	169	130	380	208,44	122,44	296	358	307,3	30	145	80	138	235	253
AA (27)	642,11	632,11	579,11	536	268,09	243,09	272	243	350	227,75	141,75	347	324	350,18	146	115	30	26	86	190
AB (28)	642,11	632,11	579,11	610	338,09	313,09	345	314	421	316,11	230,11	419	397	352,85	218	196	95	83	173	143
AC (29)	750,21	740,21	687,21	585	314,09	289,09	321	253	396	317,28	231,28	391	372	399	198	159	20	19	63	117
AD (30)	888,4	878,4	825,4	980	411,09	386,09	422	315	500	362,11	276,11	486	476	423	299	269	38	123	105	25

Setelah mendapatkan nilai jarak ODP ke ODC langkah selanjutnya adalah menggambarkan lokasi ODP dan ODC kedalam Gambar 4.6 dan mendeskripsikan material dan jasa yang dibutuhkan untuk membangun Proyek j aringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I beserta nilai Rupiahnya.



Gambar 4.6 Peta Lokasi Pelanggan Terhadap ODP

Pada gambar 4.6 mengilustrasikan bagaimana 20 pelanggan baru yang tersebar diseluruh Kelurahan Panjangan Jiwo Surabaya Timur

4.4 Pemilihan Material FTTH

Pemilihan material untuk membangun jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I adalah berdasarkan dari wawancara pembimbing lapangan. Setelah melakukan wawancara dengan pembimbing lapangan selaku pengawas lapangan proyek Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I ditabalekan dalam tabel 4.5 sebagai berikut

Tabel 4.5 Material yang Digunakan

Material	Tipe
Kabel Serat Optik	12 Core
ODP pasif splitter	1:8
ODC pasif splitter	1:4

Material yang digunakan dalam perencanaan Pembangunan Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I menggunakan tipe ODP 1:8. Menurut pembimbing lapangan penggunaan ODP 1:8 digunakan karena lebih ringkas dan mengurangi jumlah kabel dari ODC sehingga hambatan atau *attenuation* lebih sedikit dan tidak mengganggu estetika tata ruang. Penggunaan kabel serat optik 12 core ditentukan berdasarkan jumlah ODP yang ada di lapangan dengan menyisakan 2 core untuk setiap jalur. Menyisakan 2 core setiap sambungan bertujuan untuk kegiatan pemeliharaan apabila di waktu kedepan ada kabel serat optik yang rusak maka pihak perawatan jaringan tidak perlu menambah atau membeli kabel baru. Untuk ODC dipilih menggunakan ODC pasif splitter 1:4 karena pada tahap 1 hanya dibangun untuk 3 jalur. Pada ODC 1:4 yang digunakan pada perencanaan pembangunan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I menyisakan 1 port yang bertujuan apabila diwaktu akan datang ada penambahan pelanggan baru sehingga memerlukan jaringan tambahan.

4.5 Biaya Material dan Jasa

Dalam membangun suatu jaringan faktor biaya sangat penting dalam menentukan jalannya pembangunan jaringan FTTH, karena agar sesuai tujuan yaitu membangun jaringan FTTH dengan biaya minimum dengan utilitas maksimal dan

low maintenance. Berikut ini akan dideskripsikan komponen biaya hasil dari wawancara dengan pembimbing lapangan dan berdasarkan Bill of Quantity sebagai berikut

Tabel 4.6 Biaya – Biaya Instalasi Jaringan FTTH *Existing*

Nama Barang	Satuan	Jasa	Harga	Volume	Total	Jasa
ODP Passive Splitter 1:8	PCS	30.600	578.700	30	17.361.000	918.000
Kabel FO udara 12 cores	meter	3.750	15.000	2.000	30.000.000	7.500.000
ODC Passive Splitter 1:4	PCS	30.600	361.300	9	3,251,700	275.400
Biaya Pekerja (borongan)	Hari/Km	3	100.000	2		600.000
Penyambungan dengan fusion splice	piece	52.000	-	69	-	3.588.000
			Total biaya		50.612.700	12.881.400
			Total Tagihan			63.494.100

Berdasarkan wawancara dengan pembimbing lapangan nilai kabel yang harus dibeli adalah 2000 meter karena berdasarkan Tabel 4.6 total panjang kabel adalah 1679,05 meter. Pihak *supplier* perangkat FTTH hanya menyediakan 1 *Roll* berisi 2000 meter, selain itu dengan panjang sebesar 2000m dapat mengurangi biaya perbaikan kabel jika ada kabel yang bermasalah dikemudian hari. Setelah mendapatkan biaya material dan jasa kemudian peneliti menghitung nilai “C” yang berguna untuk membentuk Model *Hub Location Problem* yang berguna untuk mengolah data. Perhitungan nilai “C” adalah sebagai berikut

$$C = ((\text{Total Tagihan} / 2000\text{meter}) / 12 \text{ core}) + \text{Administrasi}(\text{biaya print})$$

$$C = ((63.494.100 / 2000\text{meter}) / 12 \text{ core}) + 1000$$

$$C = \text{Rp } 3646,- \text{ material biaya pekerja core per meter}$$

Penambahan angka Rp 1000 untuk biaya printing kertas A3 setelah biaya dari vendor

BAB V

PEMODELAN DAN ANALISA

5.1 Pemodelan Jaringan FTTH

Pada lokasi Kelurahan terdapat 30 ODP yang akan menggantikan jaringan kabel tembaga dan terdapat 20 pelanggan baru yang potensial di lambangkan dengan angka 1 sampai 20. Penamaan ODP diberi nama dengan huruf mulai huruf A hingga AD. Data jarak pelanggan terhadap ODP dan ODP ke ODC terdapat Tabel 4.3 kemudian diolah menggunakan metode *Hub Location Problem*. Model *Hub Location Problem* pada penelitian yang dilakukan oleh Kokangul & Ari pada tahun 2011 menjadi dasar dalam model seperti yang tercantum dalam persamaan 5.1 dibawah ini. Fungsi tujuan untuk desain jaringan FTTH Kec. Panjang Jiwo di tulis pada persamaan 5.1 sebagai berikut

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} \left(C \times L_{ij} + C_{fs} \left(\frac{L_{ij}}{2000} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jkk} \left(C \times L_{jk} + C_{fs} \left(\frac{L_{jk}}{2000} \right) \right) \quad (5.1)$$

batasan-batasan yang tidak bisa dilanggar sebagai berikut

$$\sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^n X_{ijk} = 1 \quad ; \quad \forall j, k \quad (5.2)$$

Pada persamaan 5.2 menyatakan setiap pelanggan harus *assignment* hanya pada satu ODP. Kemudian membuat fungsi batasan untuk port yang tersedia ditulis kedalam persamaan 5.3 dibawah ini

$$\sum_{i=1}^m X_{ijk} \leq 8, \quad \forall i, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.3)$$

Pada persamaan 5.3 menjelaskan bahwa ODP hanya bisa menampung maksimal 8 pelanggan kemudian kami membuat fungsi batasan untuk *assignment* ODC yang ditulis pada persamaan 5.4 dibawah ini

$$\sum_{k=1}^s Y_{jk} \geq 1, \forall j, k = 1, 2, \dots, s \quad (5.4)$$

Pada persamaan 5.4 menyatakan ODP_j harus tersambung ke ODC_k. Untuk menyambungkan ODP_j ke pelanggan ke-i mempunyai batasan jarak yang ditulis kedalam persamaan 3.5 sebagai berikut

$$X_{ijk} L_{ij} \leq 100, \forall i, j, k \quad (5.5)$$

Pada persamaan 5.5 menjelaskan bahwa ODP yang sudah tersambung dengan pelanggan tidak lebih dari 100 meter. Pada setiap parameter dalam model terdapat nilai yang akan menentukan lokasi pelanggan dan nilai proyek pembangunan jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I. Parameter pada model instalasi jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo di tabelkan dalam Tabel 5.1 sebagai berikut

Tabel 5.1 Nilai Parameter Dalam Model Hub Location Problem

Parameter	Nilai
C _{fs}	52.000
C	3646
L _{ij}	Nilai L _{ij} dapat dilihat di Tabel 4.6 di Bab IV

Nilai C sebesar 3646 beserta biaya sambungan menggunakan *fussion splicing* (C_{fs}) sebesar Rp 52.000,00 disubstitusikan kedalam model fungsi tujuan Sebagai berikut

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} \left(3646 \times L_{ij} + 52000 \left(\frac{L_{ij}}{2000} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} \left(3646 \times L_{jk} + 52000 \left(\frac{L_{jk}}{2000} \right) \right) \quad (5.6)$$

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s X_{ijk} (3672 L_{ij}) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} (3672 L_{jk}) \quad (5.7)$$

Setelah mendapatkan model matematis yang ditulis di persamaan 5.7 maka model tersebut akan digunakan dalam pemrograman lingo untuk pengolahan data.

5.2 Implementasi Model

Setelah mendapatkan fungsi tujuan dan fungsi batasan yang berdasarkan penelitian lapangan untuk penelitian ini maka data pada penelitian ini diolah dengan menggunakan *software Lingo 11* dengan bahasa pemrograman sebagai berikut

```
sets:
    Pelanggan/1..20/: JumlahPelanggan;
    ODP/1..10/: JumlahODP;
    ODC/1..3/: AssignmentODC;
    Gabungan(Pelanggan, ODP, ODC): Distance, X;
    Gabungan2(ODP, ODC): Assignment, Y;
endsets
DATA:
    JumlahPelanggan = @OLE('D:\Thesis\tabeljarak', 'pelangganbr');
    JumlahODP = @OLE('D:\Thesis\tabeljarak', 'ODP');
    AssignmentODC = @OLE('D:\Thesis\tabeljarak', 'ODC');
    Distance =
```

Kemudian mendeklarasikan fungsi batasan dan fungsi tujuan sebagai berikut

```
ENDDATA
min= @sum(Gabungan(i,j,k): X(i,j,k) * 3672* Distance(i,j,k)) + @Sum(Gabungan2(j,k): Y(j,k) * 3672*
Assignment(j,k));

@for(pelanggan(i):
    @Sum(ODC(k): @SUM(ODP(j):X(i,j,k)))= 1);
@for(Gabungan(i,j,k): Distance(i,j,k)*X(i,j,k)<=100);
@for(Gabungan2(j,k):
    @SUM(ODC(k):Y(j,k))>=1);
@for(Gabungan2 (j,k):
    @Sum(Pelanggan(i):X(i,j,k))<=8);
End
```

Untuk data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.4 yaitu tabel yang menyajikan data jarak pelanggan ke-i ke setiap ODP ke-j pada Bab IV. Hasil dari pengolahan data menggunakan *software Lingo 11* menghasilkan *output* yang Terlampir dalam Lampiran 1 dan dapat diketahui untuk mengolah data menggunakan membutuhkan waktu 3 detik dan melakukan iterasi sebanyak 20 kali dan membutuhkan biaya sebesar Rp 38.390.650 Untuk penyambungan pelanggan menuju ODP di tabelkan dalam tabel 5.2 sebagai berikut

Tabel 5.2 Penempatan Pelanggan Baru pada ODP

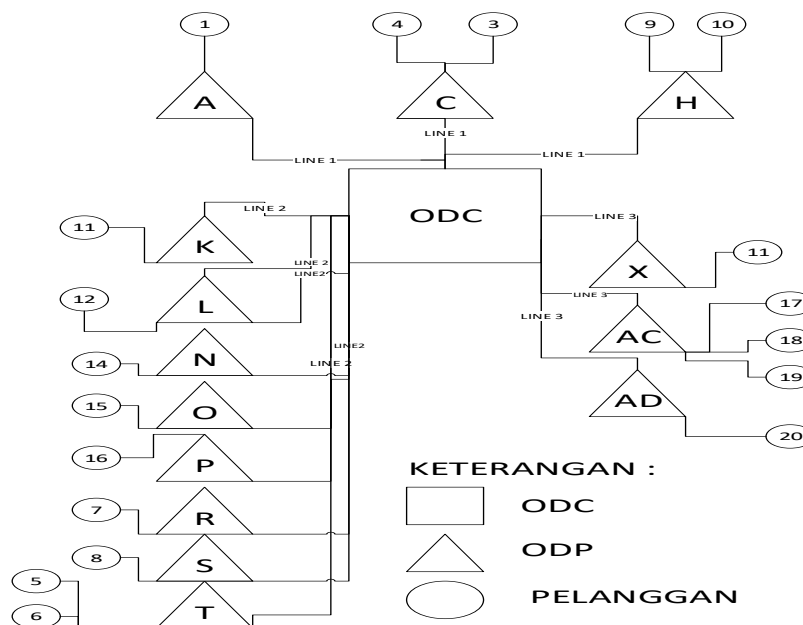
ODP (j)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
Pelanggan (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Keterangan:

1 : Penempatan Pelanggan Ditempatkan pada ODP

Untuk mempermudah melihat lokasi pelanggan ke-i ke ODP ke-j pada Tabel 5.2 ditandai dengan mewarnai tabel dengan warna jingga dan diberikan kode angka 1 yang berarti pelanggan sukses ditempatkan dan kode 0 sebagai pelanggan ke-i tidak bisa ditempatkan pada ODP ke - j Setelah penentuan letak pelanggan ditentukan maka di skema pemasangan jaringan di gambarkan pada Gambar 5.2 sebagai berikut

Setelah penentuan letak pelanggan ke-i ke ODP ke-j maka langkah selanjutnya membuat skema pemasangan jaringan FTTH yang di gambarkan pada Gambar 5.1 sebagai berikut



Gambar 5.1 Skema Penyambungan FTTH

Pada Gambar 5.1 menggambarkan skema instalasi jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I yang berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan bantuan *software Lingo 11* yang ditabulasikan pada Tabel 5.2. *Instalasi* jaringan FTTH dan penempatan pelanggan ke-i pada ODP ke-j dan ODP-j ke Jalur ODC ke-k seperti gambar 5.3 dan di tabulasikan pada tabel 5.2 sebagai berikut

Tabel 5.3 Assignment Pelanggan

JALUR (k)	ODP (j)	PELANGGAN (i)	JALUR (k)	ODP (j)	PELANGGAN (i)
1	A (1)	1	2	P (16)	16
	C (3)	4 , 3		R (18)	7
	H (8)	9,10		S (19)	8
2	K (11)	11		T (20)	5 , 6
	L (12)	12	3	X (24)	11
	N (14)	14		AC (29)	17 , 18 , 19
	O (15)	15		AD (30)	20

Pada tabel 5.3 menjelaskan bahwa ODC melayani ODP A,C,H di Jalur 1 dan melayani pelanggan 1, 3, 4, 9, 10. Kemudian pada Jalur 2 ODC melayani ODP K, L, N, O, P, R, S, dan T untuk melayani pelanggan 11, 12, 14, 15, 16, 7, 8, 5, dan

6. Pada Jalur 3 ODC melayani ODP X, AC, AD yang bertugas melayani pelanggan 11, 17, 18, 19, dan 20. Dalam membangun jaringan FTTH pada gambar membutuhkan Rp 63.494.100 dengan kondisi *existing*. Ketika membangun dengan metode *Location Problem* biaya instalasi jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo membutuhkan Biaya Rp 38.390.650 jika di persentasikan maka

$$\frac{63.494.100 - 38.390.650}{63.494.100} = 0,3954 \approx 39,54\% \quad (5.8)$$

Berdasarkan perhitungan 5.8 diketahui bahwa dengan metode *Hub Location Problem* lebih murah 39,54% lebih murah daripada perhitungan biaya membangun jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I *existing*.

5.3 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas berguna untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap perubahan total biaya pemasangan jaringan FTTH di Kelurahan Panjang Jiwo.

5.3.1 Analisis Sensitivitas Terhadap Parameter Jarak Pelanggan Ke-i

Terhadap ODP Ke-j (L_{ij})

Analisis sensitivitas pertama adalah menguji penggunaan Parameter L_{ij} yaitu jarak pelanggan ke-i terhadap ODP ke-j. Parameter L_{ij} di uji karena mempengaruhi jumlah penggunaan kabel jumlah panjang. Hasil pengujian sensitivitas pada Parameter L_{ij} di tabulasikan pada Tabel 5.4 sebagai berikut

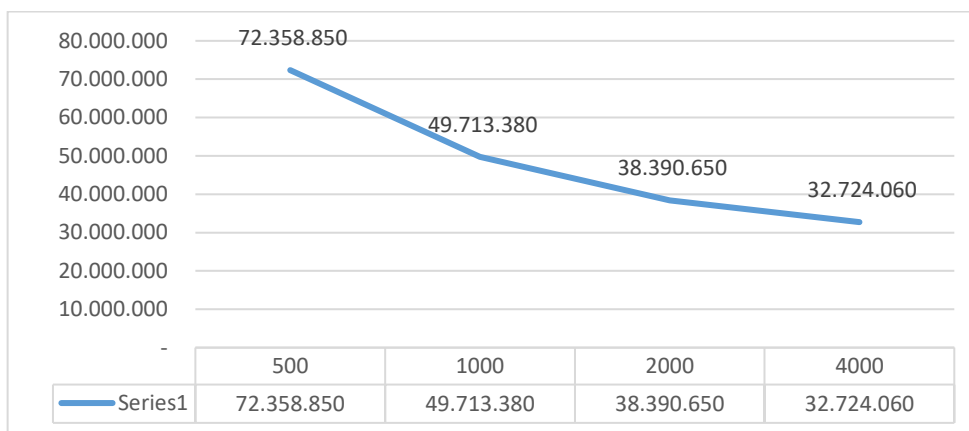
Tabel 5.4 Sensitivitas Perubahan Perubahan Parameter L_{ij}

Perubahan Parameter	Solusi Optimal	Perubahan Biaya	Persentase Perubahan
L_{ij}	Rupiah	Rupiah	
Tetap	38.390.650	-	0%
+10%	38.598.728	208.078	0,542%
-10%	38.193.323	197.328	0,514%

Perubahan panjang jarak pelanggan terhadap ODC sebesar 10% dan pengurangan jarak pelanggan ke-i ke ODP ke-j tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai solusi optimal karena perubahan solusi optimal total biaya pemasangan jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo tidak lebih dari 1%.

5.4 Analisis Sensitivitas Terhadap Biaya Kabel Jasa Core Per Meter (C)

Komponen pembentuk parameter C adalah panjang kabel yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah menganalisis sensitivitas penggunaan jenis Kabel fiber optik 12 core yang akan berpengaruh terhadap parameter “C”. Panjang kabel yang diuji adalah kabel serat optik yang tersedia saat ini dipasaran. Kabel serat optik yang tersedia dipasaran saat ini adalah 500m, 1000m, 2000m dan 4000m. Untuk memperjelas dalam memahami seberapa besar perubahan biaya jika variabel L_{ij} diubah dapat dijelaskan dengan Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Grafik Analisis Sensitivitas

Berdasarkan Gambar 5.2 biaya pemasangan jaringan FTTH Jika menggunakan kabel berukuran 4000 meter akan semakin murah yaitu sebesar Rp.32.724.060,-. Ini disebabkan karena tidak bertambahnya jumlah ODP sehingga biaya material jasa core per meter lebih kecil karena terbagi dengan bertambahnya panjang kabel FTTH.

Salah satu Komponen pembentuk nilai dari parameter C adalah jenis ODP. Manajemen menetapkan penggunaan ODP *outdoor* adalah tipe ODP 1:8 dan ODP 1:4. Pada analisis sensitivitas ini kami menguji apakah ada perubahan terhadap solusi optimal jika seluruh ODP diganti dengan tipe ODP 1:4. Jika ada pergantian jenis ODP maka dilakukan perhitungan ulang terhadap Bill Of Quantity project sehingga mendapatkan nilai parameter C yang baru. Nilai parameter C yang baru disajikan dalam Tabel 5.5 yang menyajikan Bill of Quantity ODP 1:4 sebagai berikut

Tabel 5.5 Bill of Quantity (BoQ) ODP 1:4

Nama Barang	Satuan	Jasa	Harga	Volume	Total	Jasa
Kabel FO udara 24 cores	meter	3,750	18,710	2,000	37,420,000	7,500,000
Passive Splitter 1:4	PCS	30,600	361,300	69	24,929,700	2,111,400
Biaya Pekerja (borongan)	Hari/Km	3	100,000	2		600,000
Penyambunga dengan fusion splice	piece	52,000	-	79	-	4,108,000
			Total biaya		62,349,700	14,319,400
			Total Tagihan			76,669,100

Catatan : Nilai angka dalam Rupiah

Jika menggunakan ODP 1:4 perhitungan *existing* yang disajikan dalam tabel 5.4 membangun jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo membutuhkan biaya sebesar Rp 76.669.100. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jumlah ODP 2 kali lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan ODP 1:8. Penggunaan ODP 1:4 mengharuskan mengganti jenis kabel optik yang awalnya menggunakan 12 core menjadi 24 core. Penggunaan Kabel optik 24 core didasari karena banyaknya sambungan ODP. Kondisi awal menggunakan setaiap lokasi penempatan ODP menggunakan satu ODP 1:8, jika diganti dengan ODP 1:4 maka setiap lokasi penempatan ODP membutuhkan dua ODP 1:4. Selanjutnya adalah menghitung nilai C berdasarkan BoQ pada tabel 5.5 sebagai berikut

$$C = ((\text{Total Tagihan} / 2000\text{meter}) / 12 \text{ core}) + \text{Administrasi}$$

$$C = ((76.669.100 / 2000\text{meter}) / 12 \text{ core}) + 1000$$

$$C = \text{Rp } 4195,- \text{ material biaya pekerja core per meter}$$

Setelah nilai C diketahui kemudian nilai C disubtitusikan kedalam persamaan 5.9 sebagai berikut

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} \left(4195 \times L_{ij} + 52000 \left(\frac{L_{ij}}{2000} \right) \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} \left(4195 \times L_{jk} + 52000 \left(\frac{L_{jk}}{2000} \right) \right) \quad (5.9)$$

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} (4221 L_{ij}) + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} (4221 L_{jk}) \quad (5.10)$$

Setelah mensubstitusikan nilai C kedalam model maka didapatkan model Jaringan FTTH kelurahan Panjang Jiwo Tahap I yang ditulis kedalam persamaan 5.10. Persamaan 5.10 dimasukan dalam pemrograman Lingo sehingga mengeluarkan output solusi optimal sebagai berikut

Global optimal solution found.	
Objective value:	0.4413043E+08
Infeasibilities:	0.000000
Total solver iterations:	20

Objective value adalah nilai solusi optimal biaya pembangunan jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I adalah sebesar Rp 38.390.650 jika dibandingkan dengan menggunakan ODP 1:8 maka perhitungannya sebagai berikut

$$\frac{44.130.430 - 38.390.650}{44.130.430} = 0,1301 \approx 13,01\%$$

Jika menggunakan ODP 1:4 biaya pembangunan jaringan FTTH Kelurahan Panajang Jiwo Tahap I akan lebih mahal 13,01% dari pada menggunakan ODP 1:8 yang terdapat selisih Rp 5.739.780,- . Penggunaan ODP 1:4 akan mengganggu estetika tata ruang dikarenakan banyaknya jumlah penggunaan ODP 1:4 yang dipasang. Tidak hanya itu saja, penggunaan ODP 1:4 menggunakan lebih banyak kabel yang harus disambungkan, penggunaan banyak kabel dan akan berakibat rumitnya pemeliharaan jaringan dan banyaknya biaya pemeliharaan di waktu akan datang.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengolahan data pada Bab V dapat ambil kesimpulan sebagai berikut.

- 1) Dengan metode *Hub Location Problem* dapat mengurangi penggunaan ODP. Ini disebabkan perhitungan dalam model berdasarkan demand subscriber dan batasan (constrain) yang ditetapkan oleh pihak manajemen perusahaan. Dengan metode *Hub Location Problem* dapat menghasilkan nilai pekerjaan instalasi jaringan lebih murah yang disebabkan pada model ini hanya menghitung ODP yang terpilih yaitu sebanyak 14 ODP 1:8 sehingga dapat menekan biaya pengadaan ODP 1:8.
- 2) Pengurangan biaya dengan metode pada pembangunan proyek Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I sebesar 39,54%. Dengan efisiensi biaya sebesar 39,54% pihak manager proyek dapat menggunakannya untuk membangun proyek Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap II.
- 3) Lokasi pelanggan sangat menentukan penyambungan pelanggan ke ODP. Tidak hanya itu Port yang tersedia sangat menentukan penempatan pelanggan di ODP.
- 4) Titik sambung pelanggan ke ODP hingga ODC di tabelkan dalam tabel 5.3 pada Bab V dimana ODC melayani ODP A,C,H di jalur 1 dan melayani pelanggan 1, 3, 4, 9, 10. Kemudian pada jalur 2 ODC melayani ODP K, L, N, O, P, R, S, dan T untuk melayani pelanggan 11, 12, 14, 15, 16, 7, 8, 5, dan 6. Pada *line* 3 ODC melayani ODP X, AC, AD yang bertugas melayani pelanggan 11, 17, 18, 19, dan 20.
- 5) Biaya pemasangan jaringan FTTH Jika menggunakan kabel berukuran 4000 meter akan semakin murah yaitu sebesar Rp.32.724.060,-. Ini disebabkan karena tidak bertambahnya jumlah ODP sehingga biaya material jasa core per meter lebih kecil karena terbagi dengan bertambahnya panjang kabel FTTH.

- 6) Penggunaan ODP 1:4 akan membuat biaya pembangunan jaringan FTTH Kelurahan Panajang Jiwo Tahap I akan lebih mahal 13,01% dari pada menggunakan ODP 1:4 yang terdapat selisih Rp 5.739.780 dibanding menggunakan ODP 1:8.
- 7) Perubahan panjang jarak pelanggan terhadap ODC sebesar 10% dan pengurangan jarak pelanggan ke-i ke ODP ke-j tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai solusi optimal karena perubahan solusi optimal total biaya pemasangan jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo tidak lebih dari 1%.

6.2 Rekomendasi Untuk Perusahaan

Setelah melakukan penelitian dalam Proyek Pembangunan Jaringan FTTH Kelurahan Panjang Jiwo Tahap I ini, peneliti memiliki saran terhadap perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut

- A. Untuk penelitian selanjutnya perlu ada penambahan parameter *insertion loss*, dan *system attenuation budget* yang berguna untuk mengukur kualitas sambungan.
- B. Untuk penggunaan ODP sebaiknya menggunakan ODP *passive* 1:8 karena lebih murah 13,01% dan menggunakan kabel optik 12 core.
- C. Untuk pembangunan Jaringan perlu diperhatikan nilai redaman material, karena nilai redaman material sangat mempengaruhi kualitas layanan data. Untuk itu pihak pembimbing lapangan disarankan mengajarkan peneliti menggunakan alat pengukur redaman.

6.3 Rekomendasi Untuk Perusahaan

- A. Untuk penelitian kedepan metode ini hendaknya digabungkan dengan teori *Link Power Budget* guna mendapatkan biaya pembangunan yang murah dan kualitas layanan data yang baik karena dapat mendeteksi nilai redaman material pada jaringan kabel FTTH.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, G. (2002). *Fiber-optic Communication Systems* (3 ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Basak Yazar, Okan Arslan, Oya Ekin Karasan, & Bahar Y.Kara. (2015). Fiber optical network design problems : A case for Turkey. *Omega*, 23-40.
- Daskin, M. S. (1995). *Network and Discrete Location Models, Algorithms, and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Gaspers, V. D. (2002). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: Vincent Foundation dan PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hect, J. (1999). *The Story of Fiber Optics Ed. 4*. New York: OXFORD University Press.
- Hillier S, F., & Lieberman J. , G. (1995). *Introduction to Operations Research*. New York: Mc Graw-Hill Inc.
- Klincewincz, J. G. (1998). Hub location in backbone/tributary network design: a review. *Location Science*, 307–335.
- Kokangul, A., & Ari, A. (2011). Optimization of passive optical network planning. *Applied Mathematical Modelling*, 3345–3354.
- Rafael , B., Emilio , C., & Boglárka , G.-T. (2015). Maximal Covering Location Problems on networks with. *Elsivier*, 1-9.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN I

Global optimal solution found.

Objective value: 0.3839065E+08

Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 20

Variable	Value
JUMLAHPELANGGAN (1)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (2)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (3)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (4)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (5)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (6)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (7)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (8)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (9)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (10)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (11)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (12)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (13)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (14)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (15)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (16)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (17)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (18)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (19)	1.000000
JUMLAHPELANGGAN (20)	1.000000
JUMLAHODP (1)	1.000000
JUMLAHODP (2)	1.000000
JUMLAHODP (3)	1.000000
JUMLAHODP (4)	1.000000
JUMLAHODP (5)	1.000000
JUMLAHODP (6)	1.000000
JUMLAHODP (7)	1.000000
JUMLAHODP (8)	1.000000
JUMLAHODP (9)	1.000000
JUMLAHODP (10)	1.000000
ASSIGNMENTODC (1)	1.000000
ASSIGNMENTODC (2)	1.000000
ASSIGNMENTODC (3)	1.000000
DISTANCE (1, 1, 1)	20.00000
DISTANCE (1, 1, 2)	595.0000
DISTANCE (1, 1, 3)	337.0000
DISTANCE (1, 2, 1)	40.00000
DISTANCE (1, 2, 2)	438.0000
DISTANCE (1, 2, 3)	530.0000
DISTANCE (1, 3, 1)	147.0000
DISTANCE (1, 3, 2)	438.0000
DISTANCE (1, 3, 3)	707.0000
DISTANCE (1, 4, 1)	229.0000
DISTANCE (1, 4, 2)	478.0000
DISTANCE (1, 4, 3)	468.0000
DISTANCE (1, 5, 1)	242.0000
DISTANCE (1, 5, 2)	561.0000
DISTANCE (1, 5, 3)	583.0000

DISTANCE(1, 6, 1)	293.000	
DISTANCE(1, 6, 2)	584.0000	
DISTANCE(1, 6, 3)	DISTANCE(2, 2, 3)	DISTANCE(2, 8, 3)
652.0000	520.0000	632.0000
DISTANCE(1, 7, 1)	DISTANCE(2, 3, 1)	DISTANCE(2, 9, 1)
302.0000	180.0000	518.0000
DISTANCE(1, 7, 2)	DISTANCE(2, 3, 2)	DISTANCE(2, 9, 2)
404.0000	428.0000	348.0000
DISTANCE(1, 7, 3)	DISTANCE(2, 3, 3)	DISTANCE(2, 9, 3)
642.0000	697.0000	740.0000
DISTANCE(1, 8, 1)	DISTANCE(2, 4, 1)	DISTANCE(2, 10, 1)
278.0000	80.00000	485.0000
DISTANCE(1, 8, 2)	DISTANCE(2, 4, 2)	DISTANCE(2, 10, 2)
470.0000	468.0000	280.0000
DISTANCE(1, 8, 3)	DISTANCE(2, 4, 3)	DISTANCE(2, 10, 3)
642.0000	458.0000	878.0000
DISTANCE(1, 9, 1)	DISTANCE(2, 5, 1)	DISTANCE(3, 1, 1)
490.0000	232.0000	143.0000
DISTANCE(1, 9, 2)	DISTANCE(2, 5, 2)	DISTANCE(3, 1, 2)
358.0000	551.0000	430.0000
DISTANCE(1, 9, 3)	DISTANCE(2, 5, 3)	DISTANCE(3, 1, 3)
750.0000	573.0000	131.0000
DISTANCE(1, 10, 1)	DISTANCE(2, 6, 1)	DISTANCE(3, 2, 1)
490.0000	283.0000	74.00000
DISTANCE(1, 10, 2)	DISTANCE(2, 6, 2)	DISTANCE(3, 2, 2)
290.0000	574.0000	440.0000
DISTANCE(1, 10, 3)	DISTANCE(2, 6, 3)	DISTANCE(3, 2, 3)
888.0000	642.0000	464.0000
DISTANCE(2, 1, 1)	DISTANCE(2, 7, 1)	DISTANCE(3, 3, 1)
82.00000	268.0000	20.00000
DISTANCE(2, 1, 2)	DISTANCE(2, 7, 2)	DISTANCE(3, 3, 2)
585.0000	394.0000	339.0000
DISTANCE(2, 1, 3)	DISTANCE(2, 7, 3)	DISTANCE(3, 3, 3)
327.0000	632.0000	522.0000
DISTANCE(2, 2, 1)	DISTANCE(2, 8, 1)	DISTANCE(3, 4, 1)
110.0000	498.0000	81.00000
DISTANCE(2, 2, 2)	DISTANCE(2, 8, 2)	DISTANCE(3, 4, 2)
428.0000	460.0000	301.0000

DISTANCE(3, 4, 3) 598.0000	DISTANCE(4, 1, 1) 190.0000	DISTANCE(4, 7, 2) 297.0000
DISTANCE(3, 5, 1) 87.00000	DISTANCE(4, 1, 2) 506.0000	DISTANCE(4, 7, 3) 536.0000
DISTANCE(3, 5, 2) 268.0000	DISTANCE(4, 1, 3) 157.0000	DISTANCE(4, 8, 1) 330.0000
DISTANCE(3, 5, 3) 634.0000	DISTANCE(4, 2, 1) 117.0000	DISTANCE(4, 8, 2) 290.0000
DISTANCE(3, 6, 1) 144.0000	DISTANCE(4, 2, 2) 359.0000	DISTANCE(4, 8, 3) 610.0000
DISTANCE(3, 6, 2) 316.0000	DISTANCE(4, 2, 3) 202.0000	DISTANCE(4, 9, 1) 382.0000
DISTANCE(3, 6, 3) 668.0000	DISTANCE(4, 3, 1) 30.00000	DISTANCE(4, 9, 2) 236.0000
DISTANCE(3, 7, 1) 218.0000	DISTANCE(4, 3, 2) 278.0000	DISTANCE(4, 9, 3) 585.0000
DISTANCE(3, 7, 2) 437.0000	DISTANCE(4, 3, 3) 507.0000	DISTANCE(4, 10, 1) 426.0000
DISTANCE(3, 7, 3) 579.0000	DISTANCE(4, 4, 1) 41.00000	DISTANCE(4, 10, 2) 204.0000
DISTANCE(3, 8, 1) 322.0000	DISTANCE(4, 4, 2) 236.0000	DISTANCE(4, 10, 3) 980.0000
DISTANCE(3, 8, 2) 308.0000	DISTANCE(4, 4, 3) 497.0000	DISTANCE(5, 1, 1) 336.0000
DISTANCE(3, 8, 3) 579.0000	DISTANCE(4, 5, 1) 104.0000	DISTANCE(5, 1, 2) 709.0000
DISTANCE(3, 9, 1) 362.0000	DISTANCE(4, 5, 2) 324.0000	DISTANCE(5, 1, 3) 36.00000
DISTANCE(3, 9, 2) 253.0000	DISTANCE(4, 5, 3) 473.0000	DISTANCE(5, 2, 1) 274.0000
DISTANCE(3, 9, 3) 687.0000	DISTANCE(4, 6, 1) 164.0000	DISTANCE(5, 2, 2) 474.0000
DISTANCE(3, 10, 1) 417.0000	DISTANCE(4, 6, 2) 414.0000	DISTANCE(5, 2, 3) 81.00000
DISTANCE(3, 10, 2) 191.0000	DISTANCE(4, 6, 3) 431.0000	DISTANCE(5, 3, 1) 184.0000
DISTANCE(3, 10, 3) 825.0000	DISTANCE(4, 7, 1) 242.0000	DISTANCE(5, 3, 2) 434.0000

DISTANCE(5, 3, 3) 433.0000	DISTANCE(5, 10, 1) 636.0000	DISTANCE(6, 6, 2) 165.0000
DISTANCE(5, 4, 1) 101.0000	DISTANCE(5, 10, 2) 26.00000	DISTANCE(6, 6, 3) 220.0000
DISTANCE(5, 4, 2) 397.0000	DISTANCE(5, 10, 3) 411.0000	DISTANCE(6, 7, 1) 481.0000
DISTANCE(5, 4, 3) 338.0000	DISTANCE(6, 1, 1) 361.0000	DISTANCE(6, 7, 2) 140.0000
DISTANCE(5, 5, 1) 246.0000	DISTANCE(6, 1, 2) 734.0000	DISTANCE(6, 7, 3) 243.0000
DISTANCE(5, 5, 2) 276.0000	DISTANCE(6, 1, 3) 54.00000	DISTANCE(6, 8, 1) 564.0000
DISTANCE(5, 5, 3) 295.0000	DISTANCE(6, 2, 1) 299.0000	DISTANCE(6, 8, 2) 147.0000
DISTANCE(5, 6, 1) 376.0000	DISTANCE(6, 2, 2) 499.0000	DISTANCE(6, 8, 3) 313.0000
DISTANCE(5, 6, 2) 185.0000	DISTANCE(6, 2, 3) 91.00000	DISTANCE(6, 9, 1) 609.0000
DISTANCE(5, 6, 3) 236.0000	DISTANCE(6, 3, 1) 209.0000	DISTANCE(6, 9, 2) 75.00000
DISTANCE(5, 7, 1) 456.0000	DISTANCE(6, 3, 2) 459.0000	DISTANCE(6, 9, 3) 289.0000
DISTANCE(5, 7, 2) 154.0000	DISTANCE(6, 3, 3) 408.0000	DISTANCE(6, 10, 1) 661.0000
DISTANCE(5, 7, 3) 268.0000	DISTANCE(6, 4, 1) 126.0000	DISTANCE(6, 10, 2) 15.00000
DISTANCE(5, 8, 1) 539.0000	DISTANCE(6, 4, 2) 422.0000	DISTANCE(6, 10, 3) 386.0000
DISTANCE(5, 8, 2) 168.0000	DISTANCE(6, 4, 3) 313.0000	DISTANCE(7, 1, 1) 418.0000
DISTANCE(5, 8, 3) 338.0000	DISTANCE(6, 5, 1) 271.0000	DISTANCE(7, 1, 2) 454.0000
DISTANCE(5, 9, 1) 584.0000	DISTANCE(6, 5, 2) 301.0000	DISTANCE(7, 1, 3) 57.00000
DISTANCE(5, 9, 2) 91.00000	DISTANCE(6, 5, 3) 262.0000	DISTANCE(7, 2, 1) 345.0000
DISTANCE(5, 9, 3) 314.0000	DISTANCE(6, 6, 1) 401.0000	DISTANCE(7, 2, 2) 337.0000

DISTANCE(7, 2, 3) 100.0000	DISTANCE(7, 9, 1) 328.0000	DISTANCE(8, 5, 2) 192.0000
DISTANCE(7, 3, 1) 266.0000	DISTANCE(7, 9, 2) 28.00000	DISTANCE(8, 5, 3) 170.0000
DISTANCE(7, 3, 2) 294.0000	DISTANCE(7, 9, 3) 321.0000	DISTANCE(8, 6, 1) 217.0000
DISTANCE(7, 3, 3) 371.0000	DISTANCE(7, 10, 1) 376.0000	DISTANCE(8, 6, 2) 112.0000
DISTANCE(7, 4, 1) 335.0000	DISTANCE(7, 10, 2) 26.00000	DISTANCE(8, 6, 3) 130.0000
DISTANCE(7, 4, 2) 300.0000	DISTANCE(7, 10, 3) 422.0000	DISTANCE(8, 7, 1) 248.0000
DISTANCE(7, 4, 3) 263.0000	DISTANCE(8, 1, 1) 448.0000	DISTANCE(8, 7, 2) 88.00000
DISTANCE(7, 5, 1) 159.0000	DISTANCE(8, 1, 2) 416.0000	DISTANCE(8, 7, 3) 243.0000
DISTANCE(7, 5, 2) 221.0000	DISTANCE(8, 1, 3) 134.0000	DISTANCE(8, 8, 1) 563.0000
DISTANCE(7, 5, 3) 216.0000	DISTANCE(8, 2, 1) 516.0000	DISTANCE(8, 8, 2) 41.00000
DISTANCE(7, 6, 1) 125.0000	DISTANCE(8, 2, 2) 343.0000	DISTANCE(8, 8, 3) 314.0000
DISTANCE(7, 6, 2) 140.0000	DISTANCE(8, 2, 3) 179.0000	DISTANCE(8, 9, 1) 515.0000
DISTANCE(7, 6, 3) 169.0000	DISTANCE(8, 3, 1) 290.0000	DISTANCE(8, 9, 2) 17.00000
DISTANCE(7, 7, 1) 198.0000	DISTANCE(8, 3, 2) 303.0000	DISTANCE(8, 9, 3) 253.0000
DISTANCE(7, 7, 2) 85.00000	DISTANCE(8, 3, 3) 407.0000	DISTANCE(8, 10, 1) 468.0000
DISTANCE(7, 7, 3) 272.0000	DISTANCE(8, 4, 1) 219.0000	DISTANCE(8, 10, 2) 83.00000
DISTANCE(7, 8, 1) 279.0000	DISTANCE(8, 4, 2) 272.0000	DISTANCE(8, 10, 3) 315.0000
DISTANCE(7, 8, 2) 15.00000	DISTANCE(8, 4, 3) 262.0000	DISTANCE(9, 1, 1) 503.0000
DISTANCE(7, 8, 3) 345.0000	DISTANCE(8, 5, 1) 295.0000	DISTANCE(9, 1, 2) 197.0000

DISTANCE (9, 1, 3) 446.0000	DISTANCE (9, 8, 1) 24.00000	DISTANCE (10, 4, 2) 255.0000
DISTANCE (9, 2, 1) 436.0000	DISTANCE (9, 8, 2) 260.0000	DISTANCE (10, 4, 3) 285.0000
DISTANCE (9, 2, 2) 249.0000	DISTANCE (9, 8, 3) 421.0000	DISTANCE (10, 5, 1) 248.0000
DISTANCE (9, 2, 3) 492.0000	DISTANCE (9, 9, 1) 78.00000	DISTANCE (10, 5, 2) 363.0000
DISTANCE (9, 3, 1) 352.0000	DISTANCE (9, 9, 2) 314.0000	DISTANCE (10, 5, 3) 247.0000
DISTANCE (9, 3, 2) 191.0000	DISTANCE (9, 9, 3) 396.0000	DISTANCE (10, 6, 1) 194.0000
DISTANCE (9, 3, 3) 305.0000	DISTANCE (9, 10, 1) 123.0000	DISTANCE (10, 6, 2) 449.0000
DISTANCE (9, 4, 1) 425.0000	DISTANCE (9, 10, 2) 391.0000	DISTANCE (10, 6, 3) 208.0000
DISTANCE (9, 4, 2) 149.0000	DISTANCE (9, 10, 3) 500.0000	DISTANCE (10, 7, 1) 119.0000
DISTANCE (9, 4, 3) 101.0000	DISTANCE (10, 1, 1) 552.0000	DISTANCE (10, 7, 2) 484.0000
DISTANCE (9, 5, 1) 274.0000	DISTANCE (10, 1, 2) 68.00000	DISTANCE (10, 7, 3) 228.0000
DISTANCE (9, 5, 2) 109.0000	DISTANCE (10, 1, 3) 592.0000	DISTANCE (10, 8, 1) 35.00000
DISTANCE (9, 5, 3) 351.0000	DISTANCE (10, 2, 1) 413.0000	DISTANCE (10, 8, 2) 536.0000
DISTANCE (9, 6, 1) 212.0000	DISTANCE (10, 2, 2) 185.0000	DISTANCE (10, 8, 3) 316.0000
DISTANCE (9, 6, 2) 181.0000	DISTANCE (10, 2, 3) 582.0000	DISTANCE (10, 9, 1) 67.00000
DISTANCE (9, 6, 3) 380.0000	DISTANCE (10, 3, 1) 323.0000	DISTANCE (10, 9, 2) 593.0000
DISTANCE (9, 7, 1) 135.0000	DISTANCE (10, 3, 2) 221.0000	DISTANCE (10, 9, 3) 317.0000
DISTANCE (9, 7, 2) 265.0000	DISTANCE (10, 3, 3) 236.0000	DISTANCE (10,10, 1) 51.00000
DISTANCE (9, 7, 3) 350.0000	DISTANCE (10, 4, 1) 398.0000	DISTANCE (10,10, 2) 600.0000

DISTANCE(10,10, 3) 362.0000	DISTANCE(11, 7, 1) 33.00000	DISTANCE(12, 3, 2) 50.00000
DISTANCE(11, 1, 1) 466.0000	DISTANCE(11, 7, 2) 398.0000	DISTANCE(12, 3, 3) 81.00000
DISTANCE(11, 1, 2) 18.00000	DISTANCE(11, 7, 3) 142.0000	DISTANCE(12, 4, 1) 372.0000
DISTANCE(11, 1, 3) 506.0000	DISTANCE(11, 8, 1) 185.0000	DISTANCE(12, 4, 2) 90.00000
DISTANCE(11, 2, 1) 327.0000	DISTANCE(11, 8, 2) 450.0000	DISTANCE(12, 4, 3) 186.0000
DISTANCE(11, 2, 2) 44.00000	DISTANCE(11, 8, 3) 230.0000	DISTANCE(12, 5, 1) 219.0000
DISTANCE(11, 2, 3) 496.0000	DISTANCE(11, 9, 1) 153.0000	DISTANCE(12, 5, 2) 208.0000
DISTANCE(11, 3, 1) 237.0000	DISTANCE(11, 9, 2) 507.0000	DISTANCE(12, 5, 3) 250.0000
DISTANCE(11, 3, 2) 90.00000	DISTANCE(11, 9, 3) 231.0000	DISTANCE(12, 6, 1) 161.0000
DISTANCE(11, 3, 3) 150.0000	DISTANCE(11, 10, 1) 137.0000	DISTANCE(12, 6, 2) 253.0000
DISTANCE(11, 4, 1) 312.0000	DISTANCE(11, 10, 2) 514.0000	DISTANCE(12, 6, 3) 296.0000
DISTANCE(11, 4, 2) 169.0000	DISTANCE(11, 10, 3) 276.0000	DISTANCE(12, 7, 1) 157.0000
DISTANCE(11, 4, 3) 199.0000	DISTANCE(12, 1, 1) 453.0000	DISTANCE(12, 7, 2) 402.0000
DISTANCE(11, 5, 1) 162.0000	DISTANCE(12, 1, 2) 15.00000	DISTANCE(12, 7, 3) 347.0000
DISTANCE(11, 5, 2) 277.0000	DISTANCE(12, 1, 3) 519.0000	DISTANCE(12, 8, 1) 185.0000
DISTANCE(11, 5, 3) 161.0000	DISTANCE(12, 2, 1) 386.0000	DISTANCE(12, 8, 2) 450.0000
DISTANCE(11, 6, 1) 108.0000	DISTANCE(12, 2, 2) 13.00000	DISTANCE(12, 8, 3) 419.0000
DISTANCE(11, 6, 2) 363.0000	DISTANCE(12, 2, 3) 563.0000	DISTANCE(12, 9, 1) 143.0000
DISTANCE(11, 6, 3) 122.0000	DISTANCE(12, 3, 1) 296.0000	DISTANCE(12, 9, 2) 395.0000

DISTANCE(12, 9, 3) 391.0000	DISTANCE(13, 6, 1) 105.0000	DISTANCE(14, 2, 2) 296.0000
DISTANCE(12, 10, 1) 97.00000	DISTANCE(13, 6, 2) 250.0000	DISTANCE(14, 2, 3) 327.0000
DISTANCE(12, 10, 2) 462.0000	DISTANCE(13, 6, 3) 358.0000	DISTANCE(14, 3, 1) 266.0000
DISTANCE(12, 10, 3) 486.0000	DISTANCE(13, 7, 1) 51.00000	DISTANCE(14, 3, 2) 34.00000
DISTANCE(13, 1, 1) 389.0000	DISTANCE(13, 7, 2) 302.0000	DISTANCE(14, 3, 3) 122.0000
DISTANCE(13, 1, 2) 311.0000	DISTANCE(13, 7, 3) 324.0000	DISTANCE(14, 4, 1) 338.0000
DISTANCE(13, 1, 3) 466.0000	DISTANCE(13, 8, 1) 140.0000	DISTANCE(14, 4, 2) 109.0000
DISTANCE(13, 2, 1) 322.0000	DISTANCE(13, 8, 2) 417.0000	DISTANCE(14, 4, 3) 222.0000
DISTANCE(13, 2, 2) 83.00000	DISTANCE(13, 8, 3) 397.0000	DISTANCE(14, 5, 1) 179.0000
DISTANCE(13, 2, 3) 516.0000	DISTANCE(13, 9, 1) 192.0000	DISTANCE(14, 5, 2) 30.00000
DISTANCE(13, 3, 1) 255.0000	DISTANCE(13, 9, 2) 344.0000	DISTANCE(14, 5, 3) 284.0000
DISTANCE(13, 3, 2) 45.00000	DISTANCE(13, 9, 3) 372.0000	DISTANCE(14, 6, 1) 151.0000
DISTANCE(13, 3, 3) 128.0000	DISTANCE(13, 10, 1) 237.0000	DISTANCE(14, 6, 2) 85.00000
DISTANCE(13, 4, 1) 188.0000	DISTANCE(13, 10, 2) 406.0000	DISTANCE(14, 6, 3) 307.0000
DISTANCE(13, 4, 2) 24.00000	DISTANCE(13, 10, 3) 476.0000	DISTANCE(14, 7, 1) 374.0000
DISTANCE(13, 4, 3) 228.0000	DISTANCE(14, 1, 1) 445.0000	DISTANCE(14, 7, 2) 229.0000
DISTANCE(13, 5, 1) 121.0000	DISTANCE(14, 1, 2) 226.0000	DISTANCE(14, 7, 3) 350.0000
DISTANCE(13, 5, 2) 140.0000	DISTANCE(14, 1, 3) 337.0000	DISTANCE(14, 8, 1) 290.0000
DISTANCE(13, 5, 3) 313.0000	DISTANCE(14, 2, 1) 359.0000	DISTANCE(14, 8, 2) 281.0000

DISTANCE(14, 8, 3) 353.0000	DISTANCE(15, 5, 1) 345.0000	DISTANCE(16, 1, 2) 194.0000
DISTANCE(14, 9, 1) 255.0000	DISTANCE(15, 5, 2) 125.0000	DISTANCE(16, 1, 3) 417.0000
DISTANCE(14, 9, 2) 338.0000	DISTANCE(15, 5, 3) 68.00000	DISTANCE(16, 2, 1) 564.0000
DISTANCE(14, 9, 3) 399.0000	DISTANCE(15, 6, 1) 285.0000	DISTANCE(16, 2, 2) 146.0000
DISTANCE(14, 10, 1) 204.0000	DISTANCE(15, 6, 2) 28.00000	DISTANCE(16, 2, 3) 462.0000
DISTANCE(14, 10, 2) 345.0000	DISTANCE(15, 6, 3) 30.00000	DISTANCE(16, 3, 1) 474.0000
DISTANCE(14, 10, 3) 423.0000	DISTANCE(15, 7, 1) 194.0000	DISTANCE(16, 3, 2) 192.0000
DISTANCE(15, 1, 1) 569.0000	DISTANCE(15, 7, 2) 65.00000	DISTANCE(16, 3, 3) 103.0000
DISTANCE(15, 1, 2) 351.0000	DISTANCE(15, 7, 3) 146.0000	DISTANCE(16, 4, 1) 551.0000
DISTANCE(15, 1, 3) 273.0000	DISTANCE(15, 8, 1) 271.0000	DISTANCE(16, 4, 2) 232.0000
DISTANCE(15, 2, 1) 498.0000	DISTANCE(15, 8, 2) 209.0000	DISTANCE(16, 4, 3) 15.00000
DISTANCE(15, 2, 2) 293.0000	DISTANCE(15, 8, 3) 218.0000	DISTANCE(16, 5, 1) 556.0000
DISTANCE(15, 2, 3) 283.0000	DISTANCE(15, 9, 1) 327.0000	DISTANCE(16, 5, 2) 281.0000
DISTANCE(15, 3, 1) 405.0000	DISTANCE(15, 9, 2) 155.0000	DISTANCE(16, 5, 3) 102.0000
DISTANCE(15, 3, 2) 258.0000	DISTANCE(15, 9, 3) 198.0000	DISTANCE(16, 6, 1) 350.0000
DISTANCE(15, 3, 3) 226.0000	DISTANCE(15, 10, 1) 368.0000	DISTANCE(16, 6, 2) 196.0000
DISTANCE(15, 4, 1) 485.0000	DISTANCE(15, 10, 2) 218.0000	DISTANCE(16, 6, 3) 145.0000
DISTANCE(15, 4, 2) 216.0000	DISTANCE(15, 10, 3) 299.0000	DISTANCE(16, 7, 1) 271.0000
DISTANCE(15, 4, 3) 159.0000	DISTANCE(16, 1, 1) 634.0000	DISTANCE(16, 7, 2) 237.0000

DISTANCE(16, 7, 3) 115.0000	DISTANCE(17, 4, 1) 696.0000	DISTANCE(17, 10, 2) 310.0000
DISTANCE(16, 8, 1) 353.0000	DISTANCE(17, 4, 2) 358.0000	DISTANCE(17, 10, 3) 38.00000
DISTANCE(16, 8, 2) 361.0000	DISTANCE(17, 4, 3) 152.0000	DISTANCE(18, 1, 1) 842.0000
DISTANCE(16, 8, 3) 196.0000	DISTANCE(17, 5, 1) 549.0000	DISTANCE(18, 1, 2) 346.0000
DISTANCE(16, 9, 1) 308.0000	DISTANCE(17, 5, 2) 241.0000	DISTANCE(18, 1, 3) 423.0000
DISTANCE(16, 9, 2) 296.0000	DISTANCE(17, 5, 3) 108.0000	DISTANCE(18, 2, 1) 774.0000
DISTANCE(16, 9, 3) 159.0000	DISTANCE(17, 6, 1) 489.0000	DISTANCE(18, 2, 2) 286.0000
DISTANCE(16, 10, 1) 266.0000	DISTANCE(17, 6, 2) 158.0000	DISTANCE(18, 2, 3) 454.0000
DISTANCE(16, 10, 2) 361.0000	DISTANCE(17, 6, 3) 80.00000	DISTANCE(18, 3, 1) 679.0000
DISTANCE(16, 10, 3) 269.0000	DISTANCE(17, 7, 1) 411.0000	DISTANCE(18, 3, 2) 477.0000
DISTANCE(17, 1, 1) 789.0000	DISTANCE(17, 7, 2) 203.0000	DISTANCE(18, 3, 3) 207.0000
DISTANCE(17, 1, 2) 293.0000	DISTANCE(17, 7, 3) 30.00000	DISTANCE(18, 4, 1) 749.0000
DISTANCE(17, 1, 3) 370.0000	DISTANCE(17, 8, 1) 454.0000	DISTANCE(18, 4, 2) 411.0000
DISTANCE(17, 2, 1) 721.0000	DISTANCE(17, 8, 2) 320.0000	DISTANCE(18, 4, 3) 72.00000
DISTANCE(17, 2, 2) 233.0000	DISTANCE(17, 8, 3) 95.00000	DISTANCE(18, 5, 1) 602.0000
DISTANCE(17, 2, 3) 401.0000	DISTANCE(17, 9, 1) 409.0000	DISTANCE(18, 5, 2) 294.0000
DISTANCE(17, 3, 1) 626.0000	DISTANCE(17, 9, 2) 258.0000	DISTANCE(18, 5, 3) 183.0000
DISTANCE(17, 3, 2) 424.0000	DISTANCE(17, 9, 3) 20.00000	DISTANCE(18, 6, 1) 542.0000
DISTANCE(17, 3, 3) 162.0000	DISTANCE(17, 10, 1) 372.0000	DISTANCE(18, 6, 2) 211.0000

DISTANCE(18, 6, 3) 138.0000	DISTANCE(19, 3, 1) 776.0000	DISTANCE(19, 9, 2) 408.0000
DISTANCE(18, 7, 1) 464.0000	DISTANCE(19, 3, 2) 574.0000	DISTANCE(19, 9, 3) 63.00000
DISTANCE(18, 7, 2) 256.0000	DISTANCE(19, 3, 3) 304.0000	DISTANCE(19, 10, 1) 522.0000
DISTANCE(18, 7, 3) 26.00000	DISTANCE(19, 4, 1) 846.0000	DISTANCE(19, 10, 2) 460.0000
DISTANCE(18, 8, 1) 507.0000	DISTANCE(19, 4, 2) 508.0000	DISTANCE(19, 10, 3) 105.0000
DISTANCE(18, 8, 2) 373.0000	DISTANCE(19, 4, 3) 169.0000	DISTANCE(20, 1, 1) 980.0000
DISTANCE(18, 8, 3) 83.00000	DISTANCE(19, 5, 1) 699.0000	DISTANCE(20, 1, 2) 470.0000
DISTANCE(18, 9, 1) 462.0000	DISTANCE(19, 5, 2) 391.0000	DISTANCE(20, 1, 3) 538.0000
DISTANCE(18, 9, 2) 311.0000	DISTANCE(19, 5, 3) 280.0000	DISTANCE(20, 2, 1) 888.0000
DISTANCE(18, 9, 3) 19.00000	DISTANCE(19, 6, 1) 639.0000	DISTANCE(20, 2, 2) 468.0000
DISTANCE(18, 10, 1) 425.0000	DISTANCE(19, 6, 2) 308.0000	DISTANCE(20, 2, 3) 569.0000
DISTANCE(18, 10, 2) 363.0000	DISTANCE(19, 6, 3) 235.0000	DISTANCE(20, 3, 1) 750.0000
DISTANCE(18, 10, 3) 123.0000	DISTANCE(19, 7, 1) 561.0000	DISTANCE(20, 3, 2) 404.0000
DISTANCE(19, 1, 1) 939.0000	DISTANCE(19, 7, 2) 353.0000	DISTANCE(20, 3, 3) 322.0000
DISTANCE(19, 1, 2) 443.0000	DISTANCE(19, 7, 3) 86.00000	DISTANCE(20, 4, 1) 707.0000
DISTANCE(19, 1, 3) 520.0000	DISTANCE(19, 8, 1) 604.0000	DISTANCE(20, 4, 2) 358.0000
DISTANCE(19, 2, 1) 871.0000	DISTANCE(19, 8, 2) 470.0000	DISTANCE(20, 4, 3) 187.0000
DISTANCE(19, 2, 2) 383.0000	DISTANCE(19, 8, 3) 173.0000	DISTANCE(20, 5, 1) 652.0000
DISTANCE(19, 2, 3) 551.0000	DISTANCE(19, 9, 1) 559.0000	DISTANCE(20, 5, 2) 337.0000

DISTANCE(20, 5, 3) 298.0000	X(1, 2, 1) 0.000000	X(1, 8, 2) 0.000000
DISTANCE(20, 6, 1) 642.0000	X(1, 2, 2) 0.000000	X(1, 8, 3) 0.000000
DISTANCE(20, 6, 2) 290.0000	X(1, 2, 3) 0.000000	X(1, 9, 1) 0.000000
DISTANCE(20, 6, 3) 253.0000	X(1, 3, 1) 0.000000	X(1, 9, 2) 0.000000
DISTANCE(20, 7, 1) 642.0000	X(1, 3, 2) 0.000000	X(1, 9, 3) 0.000000
DISTANCE(20, 7, 2) 371.0000	X(1, 3, 3) 0.000000	X(1, 10, 1) 0.000000
DISTANCE(20, 7, 3) 190.0000	X(1, 4, 1) 0.000000	X(1, 10, 2) 0.000000
DISTANCE(20, 8, 1) 584.0000	X(1, 4, 2) 0.000000	X(1, 10, 3) 0.000000
DISTANCE(20, 8, 2) 488.0000	X(1, 4, 3) 0.000000	X(2, 1, 1) 0.000000
DISTANCE(20, 8, 3) 143.0000	X(1, 5, 1) 0.000000	X(2, 1, 2) 0.000000
DISTANCE(20, 9, 1) 583.0000	X(1, 5, 2) 0.000000	X(2, 1, 3) 0.000000
DISTANCE(20, 9, 2) 426.0000	X(1, 5, 3) 0.000000	X(2, 2, 1) 0.000000
DISTANCE(20, 9, 3) 117.0000	X(1, 6, 1) 0.000000	X(2, 2, 2) 0.000000
DISTANCE(20, 10, 1) 530.0000	X(1, 6, 2) 0.000000	X(2, 2, 3) 0.000000
DISTANCE(20, 10, 2) 478.0000	X(1, 6, 3) 0.000000	X(2, 3, 1) 0.000000
DISTANCE(20, 10, 3) 25.00000	X(1, 7, 1) 0.000000	X(2, 3, 2) 0.000000
X(1, 1, 1) 1.000000	X(1, 7, 2) 0.000000	X(2, 3, 3) 0.000000
X(1, 1, 2) 0.000000	X(1, 7, 3) 0.000000	X(2, 4, 1) 1.000000
X(1, 1, 3) 0.000000	X(1, 8, 1) 0.000000	X(2, 4, 2) 0.000000

X(2, 4, 3) 0.000000	X(3, 1, 1) 0.000000	X(3, 7, 2) 0.000000
X(2, 5, 1) 0.000000	X(3, 1, 2) 0.000000	X(3, 7, 3) 0.000000
X(2, 5, 2) 0.000000	X(3, 1, 3) 0.000000	X(3, 8, 1) 0.000000
X(2, 5, 3) 0.000000	X(3, 2, 1) 0.000000	X(3, 8, 2) 0.000000
X(2, 6, 1) 0.000000	X(3, 2, 2) 0.000000	X(3, 8, 3) 0.000000
X(2, 6, 2) 0.000000	X(3, 2, 3) 0.000000	X(3, 9, 1) 0.000000
X(2, 6, 3) 0.000000	X(3, 3, 1) 1.000000	X(3, 9, 2) 0.000000
X(2, 7, 1) 0.000000	X(3, 3, 2) 0.000000	X(3, 9, 3) 0.000000
X(2, 7, 2) 0.000000	X(3, 3, 3) 0.000000	X(3, 10, 1) 0.000000
X(2, 7, 3) 0.000000	X(3, 4, 1) 0.000000	X(3, 10, 2) 0.000000
X(2, 8, 1) 0.000000	X(3, 4, 2) 0.000000	X(3, 10, 3) 0.000000
X(2, 8, 2) 0.000000	X(3, 4, 3) 0.000000	X(4, 1, 1) 0.000000
X(2, 8, 3) 0.000000	X(3, 5, 1) 0.000000	X(4, 1, 2) 0.000000
X(2, 9, 1) 0.000000	X(3, 5, 2) 0.000000	X(4, 1, 3) 0.000000
X(2, 9, 2) 0.000000	X(3, 5, 3) 0.000000	X(4, 2, 1) 0.000000
X(2, 9, 3) 0.000000	X(3, 6, 1) 0.000000	X(4, 2, 2) 0.000000
X(2, 10, 1) 0.000000	X(3, 6, 2) 0.000000	X(4, 2, 3) 0.000000
X(2, 10, 2) 0.000000	X(3, 6, 3) 0.000000	X(4, 3, 1) 1.000000
X(2, 10, 3) 0.000000	X(3, 7, 1) 0.000000	X(4, 3, 2) 0.000000

X(4, 3, 3) 0.000000	X(4, 10, 1) 0.000000	X(5, 6, 2) 0.000000
X(4, 4, 1) 0.000000	X(4, 10, 2) 0.000000	X(5, 6, 3) 0.000000
X(4, 4, 2) 0.000000	X(4, 10, 3) 0.000000	X(5, 7, 1) 0.000000
X(4, 4, 3) 0.000000	X(5, 1, 1) 0.000000	X(5, 7, 2) 0.000000
X(4, 5, 1) 0.000000	X(5, 1, 2) 0.000000	X(5, 7, 3) 0.000000
X(4, 5, 2) 0.000000	X(5, 1, 3) 0.000000	X(5, 8, 1) 0.000000
X(4, 5, 3) 0.000000	X(5, 2, 1) 0.000000	X(5, 8, 2) 0.000000
X(4, 6, 1) 0.000000	X(5, 2, 2) 0.000000	X(5, 8, 3) 0.000000
X(4, 6, 2) 0.000000	X(5, 2, 3) 0.000000	X(5, 9, 1) 0.000000
X(4, 6, 3) 0.000000	X(5, 3, 1) 0.000000	X(5, 9, 2) 0.000000
X(4, 7, 1) 0.000000	X(5, 3, 2) 0.000000	X(5, 9, 3) 0.000000
X(4, 7, 2) 0.000000	X(5, 3, 3) 0.000000	X(5, 10, 1) 0.000000
X(4, 7, 3) 0.000000	X(5, 4, 1) 0.000000	X(5, 10, 2) 1.000000
X(4, 8, 1) 0.000000	X(5, 4, 2) 0.000000	X(5, 10, 3) 0.000000
X(4, 8, 2) 0.000000	X(5, 4, 3) 0.000000	X(6, 1, 1) 0.000000
X(4, 8, 3) 0.000000	X(5, 5, 1) 0.000000	X(6, 1, 2) 0.000000
X(4, 9, 1) 0.000000	X(5, 5, 2) 0.000000	X(6, 1, 3) 0.000000
X(4, 9, 2) 0.000000	X(5, 5, 3) 0.000000	X(6, 2, 1) 0.000000
X(4, 9, 3) 0.000000	X(5, 6, 1) 0.000000	X(6, 2, 2) 0.000000

X(6, 2, 3) 0.000000	X(6, 9, 1) 0.000000	X(7, 5, 2) 0.000000
X(6, 3, 1) 0.000000	X(6, 9, 2) 0.000000	X(7, 5, 3) 0.000000
X(6, 3, 2) 0.000000	X(6, 9, 3) 0.000000	X(7, 6, 1) 0.000000
X(6, 3, 3) 0.000000	X(6, 10, 1) 0.000000	X(7, 6, 2) 0.000000
X(6, 4, 1) 0.000000	X(6, 10, 2) 1.000000	X(7, 6, 3) 0.000000
X(6, 4, 2) 0.000000	X(6, 10, 3) 0.000000	X(7, 7, 1) 0.000000
X(6, 4, 3) 0.000000	X(7, 1, 1) 0.000000	X(7, 7, 2) 0.000000
X(6, 5, 1) 0.000000	X(7, 1, 2) 0.000000	X(7, 7, 3) 0.000000
X(6, 5, 2) 0.000000	X(7, 1, 3) 0.000000	X(7, 8, 1) 0.000000
X(6, 5, 3) 0.000000	X(7, 2, 1) 0.000000	X(7, 8, 2) 1.000000
X(6, 6, 1) 0.000000	X(7, 2, 2) 0.000000	X(7, 8, 3) 0.000000
X(6, 6, 2) 0.000000	X(7, 2, 3) 0.000000	X(7, 9, 1) 0.000000
X(6, 6, 3) 0.000000	X(7, 3, 1) 0.000000	X(7, 9, 2) 0.000000
X(6, 7, 1) 0.000000	X(7, 3, 2) 0.000000	X(7, 9, 3) 0.000000
X(6, 7, 2) 0.000000	X(7, 3, 3) 0.000000	X(7, 10, 1) 0.000000
X(6, 7, 3) 0.000000	X(7, 4, 1) 0.000000	X(7, 10, 2) 0.000000
X(6, 8, 1) 0.000000	X(7, 4, 2) 0.000000	X(7, 10, 3) 0.000000
X(6, 8, 2) 0.000000	X(7, 4, 3) 0.000000	X(8, 1, 1) 0.000000
X(6, 8, 3) 0.000000	X(7, 5, 1) 0.000000	X(8, 1, 2) 0.000000

X(8, 1, 3) 0.000000	X(8, 8, 1) 0.000000	X(9, 4, 2) 0.000000
X(8, 2, 1) 0.000000	X(8, 8, 2) 0.000000	X(9, 4, 3) 0.000000
X(8, 2, 2) 0.000000	X(8, 8, 3) 0.000000	X(9, 5, 1) 0.000000
X(8, 2, 3) 0.000000	X(8, 9, 1) 0.000000	X(9, 5, 2) 0.000000
X(8, 3, 1) 0.000000	X(8, 9, 2) 1.000000	X(9, 5, 3) 0.000000
X(8, 3, 2) 0.000000	X(8, 9, 3) 0.000000	X(9, 6, 1) 0.000000
X(8, 3, 3) 0.000000	X(8, 10, 1) 0.000000	X(9, 6, 2) 0.000000
X(8, 4, 1) 0.000000	X(8, 10, 2) 0.000000	X(9, 6, 3) 0.000000
X(8, 4, 2) 0.000000	X(8, 10, 3) 0.000000	X(9, 7, 1) 0.000000
X(8, 4, 3) 0.000000	X(9, 1, 1) 0.000000	X(9, 7, 2) 0.000000
X(8, 5, 1) 0.000000	X(9, 1, 2) 0.000000	X(9, 7, 3) 0.000000
X(8, 5, 2) 0.000000	X(9, 1, 3) 0.000000	X(9, 8, 1) 1.000000
X(8, 5, 3) 0.000000	X(9, 2, 1) 0.000000	X(9, 8, 2) 0.000000
X(8, 6, 1) 0.000000	X(9, 2, 2) 0.000000	X(9, 8, 3) 0.000000
X(8, 6, 2) 0.000000	X(9, 2, 3) 0.000000	X(9, 9, 1) 0.000000
X(8, 6, 3) 0.000000	X(9, 3, 1) 0.000000	X(9, 9, 2) 0.000000
X(8, 7, 1) 0.000000	X(9, 3, 2) 0.000000	X(9, 9, 3) 0.000000
X(8, 7, 2) 0.000000	X(9, 3, 3) 0.000000	X(9, 10, 1) 0.000000
X(8, 7, 3) 0.000000	X(9, 4, 1) 0.000000	X(9, 10, 2) 0.000000

X(9, 10, 3) 0.000000	X(10, 7, 1) 0.000000	X(11, 3, 2) 0.000000
X(10, 1, 1) 0.000000	X(10, 7, 2) 0.000000	X(11, 3, 3) 0.000000
X(10, 1, 2) 0.000000	X(10, 7, 3) 0.000000	X(11, 4, 1) 0.000000
X(10, 1, 3) 0.000000	X(10, 8, 1) 1.000000	X(11, 4, 2) 0.000000
X(10, 2, 1) 0.000000	X(10, 8, 2) 0.000000	X(11, 4, 3) 0.000000
X(10, 2, 2) 0.000000	X(10, 8, 3) 0.000000	X(11, 5, 1) 0.000000
X(10, 2, 3) 0.000000	X(10, 9, 1) 0.000000	X(11, 5, 2) 0.000000
X(10, 3, 1) 0.000000	X(10, 9, 2) 0.000000	X(11, 5, 3) 0.000000
X(10, 3, 2) 0.000000	X(10, 9, 3) 0.000000	X(11, 6, 1) 0.000000
X(10, 3, 3) 0.000000	X(10, 10, 1) 0.000000	X(11, 6, 2) 0.000000
X(10, 4, 1) 0.000000	X(10, 10, 2) 0.000000	X(11, 6, 3) 0.000000
X(10, 4, 2) 0.000000	X(10, 10, 3) 0.000000	X(11, 7, 1) 0.000000
X(10, 4, 3) 0.000000	X(11, 1, 1) 0.000000	X(11, 7, 2) 0.000000
X(10, 5, 1) 0.000000	X(11, 1, 2) 1.000000	X(11, 7, 3) 0.000000
X(10, 5, 2) 0.000000	X(11, 1, 3) 0.000000	X(11, 8, 1) 0.000000
X(10, 5, 3) 0.000000	X(11, 2, 1) 0.000000	X(11, 8, 2) 0.000000
X(10, 6, 1) 0.000000	X(11, 2, 2) 0.000000	X(11, 8, 3) 0.000000
X(10, 6, 2) 0.000000	X(11, 2, 3) 0.000000	X(11, 9, 1) 0.000000
X(10, 6, 3) 0.000000	X(11, 3, 1) 0.000000	X(11, 9, 2) 0.000000

X(11, 9, 3) 0.000000	X(12, 6, 1) 0.000000	X(13, 2, 2) 0.000000
X(11, 10, 1) 0.000000	X(12, 6, 2) 0.000000	X(13, 2, 3) 0.000000
X(11, 10, 2) 0.000000	X(12, 6, 3) 0.000000	X(13, 3, 1) 0.000000
X(11, 10, 3) 0.000000	X(12, 7, 1) 0.000000	X(13, 3, 2) 0.000000
X(12, 1, 1) 0.000000	X(12, 7, 2) 0.000000	X(13, 3, 3) 0.000000
X(12, 1, 2) 0.000000	X(12, 7, 3) 0.000000	X(13, 4, 1) 0.000000
X(12, 1, 3) 0.000000	X(12, 8, 1) 0.000000	X(13, 4, 2) 1.000000
X(12, 2, 1) 0.000000	X(12, 8, 2) 0.000000	X(13, 4, 3) 0.000000
X(12, 2, 2) 1.000000	X(12, 8, 3) 0.000000	X(13, 5, 1) 0.000000
X(12, 2, 3) 0.000000	X(12, 9, 1) 0.000000	X(13, 5, 2) 0.000000
X(12, 3, 1) 0.000000	X(12, 9, 2) 0.000000	X(13, 5, 3) 0.000000
X(12, 3, 2) 0.000000	X(12, 9, 3) 0.000000	X(13, 6, 1) 0.000000
X(12, 3, 3) 0.000000	X(12, 10, 1) 0.000000	X(13, 6, 2) 0.000000
X(12, 4, 1) 0.000000	X(12, 10, 2) 0.000000	X(13, 6, 3) 0.000000
X(12, 4, 2) 0.000000	X(12, 10, 3) 0.000000	X(13, 7, 1) 0.000000
X(12, 4, 3) 0.000000	X(13, 1, 1) 0.000000	X(13, 7, 2) 0.000000
X(12, 5, 1) 0.000000	X(13, 1, 2) 0.000000	X(13, 7, 3) 0.000000
X(12, 5, 2) 0.000000	X(13, 1, 3) 0.000000	X(13, 8, 1) 0.000000
X(12, 5, 3) 0.000000	X(13, 2, 1) 0.000000	X(13, 8, 2) 0.000000

X(13, 8, 3) 0.000000	X(14, 5, 1) 0.000000	X(15, 1, 2) 0.000000
X(13, 9, 1) 0.000000	X(14, 5, 2) 1.000000	X(15, 1, 3) 0.000000
X(13, 9, 2) 0.000000	X(14, 5, 3) 0.000000	X(15, 2, 1) 0.000000
X(13, 9, 3) 0.000000	X(14, 6, 1) 0.000000	X(15, 2, 2) 0.000000
X(13, 10, 1) 0.000000	X(14, 6, 2) 0.000000	X(15, 2, 3) 0.000000
X(13, 10, 2) 0.000000	X(14, 6, 3) 0.000000	X(15, 3, 1) 0.000000
X(13, 10, 3) 0.000000	X(14, 7, 1) 0.000000	X(15, 3, 2) 0.000000
X(14, 1, 1) 0.000000	X(14, 7, 2) 0.000000	X(15, 3, 3) 0.000000
X(14, 1, 2) 0.000000	X(14, 7, 3) 0.000000	X(15, 4, 1) 0.000000
X(14, 1, 3) 0.000000	X(14, 8, 1) 0.000000	X(15, 4, 2) 0.000000
X(14, 2, 1) 0.000000	X(14, 8, 2) 0.000000	X(15, 4, 3) 0.000000
X(14, 2, 2) 0.000000	X(14, 8, 3) 0.000000	X(15, 5, 1) 0.000000
X(14, 2, 3) 0.000000	X(14, 9, 1) 0.000000	X(15, 5, 2) 0.000000
X(14, 3, 1) 0.000000	X(14, 9, 2) 0.000000	X(15, 5, 3) 0.000000
X(14, 3, 2) 0.000000	X(14, 9, 3) 0.000000	X(15, 6, 1) 0.000000
X(14, 3, 3) 0.000000	X(14, 10, 1) 0.000000	X(15, 6, 2) 1.000000
X(14, 4, 1) 0.000000	X(14, 10, 2) 0.000000	X(15, 6, 3) 0.000000
X(14, 4, 2) 0.000000	X(14, 10, 3) 0.000000	X(15, 7, 1) 0.000000
X(14, 4, 3) 0.000000	X(15, 1, 1) 0.000000	X(15, 7, 2) 0.000000

X(15, 7, 3) 0.000000	X(16, 4, 1) 0.000000	X(16, 10, 2) 0.000000
X(15, 8, 1) 0.000000	X(16, 4, 2) 0.000000	X(16, 10, 3) 0.000000
X(15, 8, 2) 0.000000	X(16, 4, 3) 1.000000	X(17, 1, 1) 0.000000
X(15, 8, 3) 0.000000	X(16, 5, 1) 0.000000	X(17, 1, 2) 0.000000
X(15, 9, 1) 0.000000	X(16, 5, 2) 0.000000	X(17, 1, 3) 0.000000
X(15, 9, 2) 0.000000	X(16, 5, 3) 0.000000	X(17, 2, 1) 0.000000
X(15, 9, 3) 0.000000	X(16, 6, 1) 0.000000	X(17, 2, 2) 0.000000
X(15, 10, 1) 0.000000	X(16, 6, 2) 0.000000	X(17, 2, 3) 0.000000
X(15, 10, 2) 0.000000	X(16, 6, 3) 0.000000	X(17, 3, 1) 0.000000
X(15, 10, 3) 0.000000	X(16, 7, 1) 0.000000	X(17, 3, 2) 0.000000
X(16, 1, 1) 0.000000	X(16, 7, 2) 0.000000	X(17, 3, 3) 0.000000
X(16, 1, 2) 0.000000	X(16, 7, 3) 0.000000	X(17, 4, 1) 0.000000
X(16, 1, 3) 0.000000	X(16, 8, 1) 0.000000	X(17, 4, 2) 0.000000
X(16, 2, 1) 0.000000	X(16, 8, 2) 0.000000	X(17, 4, 3) 0.000000
X(16, 2, 2) 0.000000	X(16, 8, 3) 0.000000	X(17, 5, 1) 0.000000
X(16, 2, 3) 0.000000	X(16, 9, 1) 0.000000	X(17, 5, 2) 0.000000
X(16, 3, 1) 0.000000	X(16, 9, 2) 0.000000	X(17, 5, 3) 0.000000
X(16, 3, 2) 0.000000	X(16, 9, 3) 0.000000	X(17, 6, 1) 0.000000
X(16, 3, 3) 0.000000	X(16, 10, 1) 0.000000	X(17, 6, 2) 0.000000

X(17, 6, 3) 0.000000	X(18, 3, 1) 0.000000	X(18, 9, 2) 0.000000
X(17, 7, 1) 0.000000	X(18, 3, 2) 0.000000	X(18, 9, 3) 1.000000
X(17, 7, 2) 0.000000	X(18, 3, 3) 0.000000	X(18, 10, 1) 0.000000
X(17, 7, 3) 0.000000	X(18, 4, 1) 0.000000	X(18, 10, 2) 0.000000
X(17, 8, 1) 0.000000	X(18, 4, 2) 0.000000	X(18, 10, 3) 0.000000
X(17, 8, 2) 0.000000	X(18, 4, 3) 0.000000	X(19, 1, 1) 0.000000
X(17, 8, 3) 0.000000	X(18, 5, 1) 0.000000	X(19, 1, 2) 0.000000
X(17, 9, 1) 0.000000	X(18, 5, 2) 0.000000	X(19, 1, 3) 0.000000
X(17, 9, 2) 0.000000	X(18, 5, 3) 0.000000	X(19, 2, 1) 0.000000
X(17, 9, 3) 1.000000	X(18, 6, 1) 0.000000	X(19, 2, 2) 0.000000
X(17, 10, 1) 0.000000	X(18, 6, 2) 0.000000	X(19, 2, 3) 0.000000
X(17, 10, 2) 0.000000	X(18, 6, 3) 0.000000	X(19, 3, 1) 0.000000
X(17, 10, 3) 0.000000	X(18, 7, 1) 0.000000	X(19, 3, 2) 0.000000
X(18, 1, 1) 0.000000	X(18, 7, 2) 0.000000	X(19, 3, 3) 0.000000
X(18, 1, 2) 0.000000	X(18, 7, 3) 0.000000	X(19, 4, 1) 0.000000
X(18, 1, 3) 0.000000	X(18, 8, 1) 0.000000	X(19, 4, 2) 0.000000
X(18, 2, 1) 0.000000	X(18, 8, 2) 0.000000	X(19, 4, 3) 0.000000
X(18, 2, 2) 0.000000	X(18, 8, 3) 0.000000	X(19, 5, 1) 0.000000
X(18, 2, 3) 0.000000	X(18, 9, 1) 0.000000	X(19, 5, 2) 0.000000

X(19, 5, 3) 0.000000	X(20, 2, 1) 0.000000	X(20, 8, 2) 0.000000
X(19, 6, 1) 0.000000	X(20, 2, 2) 0.000000	X(20, 8, 3) 0.000000
X(19, 6, 2) 0.000000	X(20, 2, 3) 0.000000	X(20, 9, 1) 0.000000
X(19, 6, 3) 0.000000	X(20, 3, 1) 0.000000	X(20, 9, 2) 0.000000
X(19, 7, 1) 0.000000	X(20, 3, 2) 0.000000	X(20, 9, 3) 0.000000
X(19, 7, 2) 0.000000	X(20, 3, 3) 0.000000	X(20, 10, 1) 0.000000
X(19, 7, 3) 0.000000	X(20, 4, 1) 0.000000	X(20, 10, 2) 0.000000
X(19, 8, 1) 0.000000	X(20, 4, 2) 0.000000	X(20, 10, 3) 1.000000
X(19, 8, 2) 0.000000	X(20, 4, 3) 0.000000	ASSIGNMENT(1, 1) 552.3300
X(19, 8, 3) 0.000000	X(20, 5, 1) 0.000000	ASSIGNMENT(1, 2) 184.8700
X(19, 9, 1) 0.000000	X(20, 5, 2) 0.000000	ASSIGNMENT(1, 3) 582.1400
X(19, 9, 2) 0.000000	X(20, 5, 3) 0.000000	ASSIGNMENT(2, 1) 413.3300
X(19, 9, 3) 1.000000	X(20, 6, 1) 0.000000	ASSIGNMENT(2, 2) 221.1500
X(19, 10, 1) 0.000000	X(20, 6, 2) 0.000000	ASSIGNMENT(2, 3) 236.4500
X(19, 10, 2) 0.000000	X(20, 6, 3) 0.000000	ASSIGNMENT(3, 1) 322.9700
X(19, 10, 3) 0.000000	X(20, 7, 1) 0.000000	ASSIGNMENT(3, 2) 255.0400
X(20, 1, 1) 0.000000	X(20, 7, 2) 0.000000	ASSIGNMENT(3, 3) 284.7300
X(20, 1, 2) 0.000000	X(20, 7, 3) 0.000000	ASSIGNMENT(4, 1) 397.9700
X(20, 1, 3) 0.000000	X(20, 8, 1) 0.000000	ASSIGNMENT(4, 2) 363.1500

ASSIGNMENT(4, 3)	Y(1, 1)	Y(7, 2)
246.9900	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(5, 1)	Y(1, 2)	Y(7, 3)
247.9700	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(5, 2)	Y(1, 3)	Y(8, 1)
448.8900	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(5, 3)	Y(2, 1)	Y(8, 2)
208.4400	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(6, 1)	Y(2, 2)	Y(8, 3)
193.7900	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(6, 2)	Y(2, 3)	Y(9, 1)
484.4700	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(6, 3)	Y(3, 1)	Y(9, 2)
227.7500	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(7, 1)	Y(3, 2)	Y(9, 3)
119.2600	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(7, 2)	Y(3, 3)	Y(10, 1)
536.2100	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(7, 3)	Y(4, 1)	Y(10, 2)
316.1100	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(8, 1)	Y(4, 2)	Y(10, 3)
34.81000	1.000000	1.000000
ASSIGNMENT(8, 2)	Y(4, 3)	
593.2800	1.000000	
ASSIGNMENT(8, 3)	Y(5, 1)	
317.2800	1.000000	
ASSIGNMENT(9, 1)	Y(5, 2)	
51.07000	1.000000	
ASSIGNMENT(9, 2)	Y(5, 3)	
599.7300	1.000000	
ASSIGNMENT(9, 3)	Y(6, 1)	
362.1100	1.000000	
ASSIGNMENT(10, 1)	Y(6, 2)	
108.7300	1.000000	
ASSIGNMENT(10, 2)	Y(6, 3)	
592.4700	1.000000	
ASSIGNMENT(10, 3)	Y(7, 1)	
414.4800	1.000000	

Row	Slack or Surplus
1	0.3839065E+08
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000
6	0.000000
7	0.000000
8	0.000000
9	0.000000
10	0.000000

11	0.000000	40	100.0000	69	100.0000
12	0.000000	41	100.0000	70	100.0000
13	0.000000	42	100.0000	71	100.0000
14	0.000000	43	100.0000	72	100.0000
15	0.000000	44	100.0000	73	100.0000
16	0.000000	45	100.0000	74	100.0000
17	0.000000	46	100.0000	75	100.0000
18	0.000000	47	100.0000	76	100.0000
19	0.000000	48	100.0000	77	100.0000
20	0.000000	49	100.0000	78	100.0000
21	0.000000	50	100.0000	79	100.0000
22	80.00000	51	100.0000	80	100.0000
23	100.0000	52	100.0000	81	100.0000
24	100.0000	53	100.0000	82	100.0000
25	100.0000	54	100.0000	83	100.0000
26	100.0000	55	100.0000	84	100.0000
27	100.0000	56	100.0000	85	100.0000
28	100.0000	57	100.0000	86	100.0000
29	100.0000	58	100.0000	87	100.0000
30	100.0000	59	100.0000	88	80.00000
31	100.0000	60	100.0000	89	100.0000
32	100.0000	61	20.00000	90	100.0000
33	100.0000	62	100.0000	91	100.0000
34	100.0000	63	100.0000	92	100.0000
35	100.0000	64	100.0000	93	100.0000
36	100.0000	65	100.0000	94	100.0000
37	100.0000	66	100.0000	95	100.0000
38	100.0000	67	100.0000	96	100.0000
39	100.0000	68	100.0000	97	100.0000

98	100.0000	127	100.0000	156	100.0000
99	100.0000	128	100.0000	157	100.0000
100	100.0000	129	100.0000	158	100.0000
101	100.0000	130	100.0000	159	100.0000
102	100.0000	131	100.0000	160	100.0000
103	100.0000	132	100.0000	161	100.0000
104	100.0000	133	100.0000	162	100.0000
105	100.0000	134	100.0000	163	100.0000
106	100.0000	135	100.0000	164	100.0000
107	100.0000	136	100.0000	165	100.0000
108	100.0000	137	100.0000	166	100.0000
109	100.0000	138	100.0000	167	100.0000
110	100.0000	139	100.0000	168	100.0000
111	100.0000	140	100.0000	169	100.0000
112	100.0000	141	100.0000	170	74.00000
113	100.0000	142	100.0000	171	100.0000
114	100.0000	143	100.0000	172	100.0000
115	100.0000	144	100.0000	173	100.0000
116	100.0000	145	100.0000	174	100.0000
117	100.0000	146	100.0000	175	100.0000
118	70.00000	147	100.0000	176	100.0000
119	100.0000	148	100.0000	177	100.0000
120	100.0000	149	100.0000	178	100.0000
121	100.0000	150	100.0000	179	100.0000
122	100.0000	151	100.0000	180	100.0000
123	100.0000	152	100.0000	181	100.0000
124	100.0000	153	100.0000	182	100.0000
125	100.0000	154	100.0000	183	100.0000
126	100.0000	155	100.0000	184	100.0000

185	100.0000	214	100.0000	243	100.0000
186	100.0000	215	100.0000	244	100.0000
187	100.0000	216	100.0000	245	100.0000
188	100.0000	217	100.0000	246	100.0000
189	100.0000	218	100.0000	247	100.0000
190	100.0000	219	100.0000	248	100.0000
191	100.0000	220	100.0000	249	100.0000
192	100.0000	221	100.0000	250	100.0000
193	100.0000	222	100.0000	251	100.0000
194	100.0000	223	100.0000	252	100.0000
195	100.0000	224	85.00000	253	100.0000
196	100.0000	225	100.0000	254	100.0000
197	100.0000	226	100.0000	255	100.0000
198	100.0000	227	100.0000	256	100.0000
199	100.0000	228	100.0000	257	83.00000
200	85.00000	229	100.0000	258	100.0000
201	100.0000	230	100.0000	259	100.0000
202	100.0000	231	100.0000	260	100.0000
203	100.0000	232	100.0000	261	100.0000
204	100.0000	233	100.0000	262	100.0000
205	100.0000	234	100.0000	263	100.0000
206	100.0000	235	100.0000	264	100.0000
207	100.0000	236	100.0000	265	100.0000
208	100.0000	237	100.0000	266	100.0000
209	100.0000	238	100.0000	267	100.0000
210	100.0000	239	100.0000	268	100.0000
211	100.0000	240	100.0000	269	100.0000
212	100.0000	241	100.0000	270	100.0000
213	100.0000	242	100.0000	271	100.0000

272	100.0000	301	100.0000	330	100.0000
273	100.0000	302	100.0000	331	100.0000
274	100.0000	303	100.0000	332	100.0000
275	100.0000	304	100.0000	333	100.0000
276	100.0000	305	100.0000	334	100.0000
277	100.0000	306	100.0000	335	100.0000
278	100.0000	307	100.0000	336	100.0000
279	100.0000	308	100.0000	337	100.0000
280	100.0000	309	100.0000	338	100.0000
281	100.0000	310	100.0000	339	100.0000
282	100.0000	311	100.0000	340	100.0000
283	76.00000	312	100.0000	341	100.0000
284	100.0000	313	65.00000	342	100.0000
285	100.0000	314	100.0000	343	100.0000
286	100.0000	315	100.0000	344	100.0000
287	100.0000	316	100.0000	345	100.0000
288	100.0000	317	100.0000	346	100.0000
289	100.0000	318	100.0000	347	100.0000
290	100.0000	319	100.0000	348	100.0000
291	100.0000	320	100.0000	349	100.0000
292	100.0000	321	100.0000	350	100.0000
293	100.0000	322	100.0000	351	100.0000
294	100.0000	323	82.00000	352	100.0000
295	100.0000	324	100.0000	353	100.0000
296	100.0000	325	100.0000	354	100.0000
297	100.0000	326	100.0000	355	100.0000
298	100.0000	327	100.0000	356	87.00000
299	100.0000	328	100.0000	357	100.0000
300	100.0000	329	100.0000	358	100.0000

359	100.0000	388	100.0000	417	100.0000
360	100.0000	389	100.0000	418	100.0000
361	100.0000	390	100.0000	419	100.0000
362	100.0000	391	100.0000	420	100.0000
363	100.0000	392	76.00000	421	100.0000
364	100.0000	393	100.0000	422	100.0000
365	100.0000	394	100.0000	423	100.0000
366	100.0000	395	100.0000	424	100.0000
367	100.0000	396	100.0000	425	70.00000
368	100.0000	397	100.0000	426	100.0000
369	100.0000	398	100.0000	427	100.0000
370	100.0000	399	100.0000	428	100.0000
371	100.0000	400	100.0000	429	100.0000
372	100.0000	401	100.0000	430	100.0000
373	100.0000	402	100.0000	431	100.0000
374	100.0000	403	100.0000	432	100.0000
375	100.0000	404	100.0000	433	100.0000
376	100.0000	405	100.0000	434	100.0000
377	100.0000	406	100.0000	435	100.0000
378	100.0000	407	100.0000	436	100.0000
379	100.0000	408	100.0000	437	100.0000
380	100.0000	409	100.0000	438	100.0000
381	100.0000	410	100.0000	439	100.0000
382	100.0000	411	100.0000	440	100.0000
383	100.0000	412	100.0000	441	100.0000
384	100.0000	413	100.0000	442	100.0000
385	100.0000	414	100.0000	443	100.0000
386	100.0000	415	100.0000	444	100.0000
387	100.0000	416	100.0000	445	100.0000

446	100.0000	475	100.0000	504	100.0000
447	100.0000	476	100.0000	505	100.0000
448	100.0000	477	100.0000	506	100.0000
449	100.0000	478	100.0000	507	100.0000
450	100.0000	479	100.0000	508	100.0000
451	100.0000	480	100.0000	509	100.0000
452	100.0000	481	100.0000	510	100.0000
453	100.0000	482	100.0000	511	100.0000
454	100.0000	483	85.00000	512	100.0000
455	100.0000	484	100.0000	513	100.0000
456	100.0000	485	100.0000	514	100.0000
457	100.0000	486	100.0000	515	100.0000
458	72.00000	487	100.0000	516	100.0000
459	100.0000	488	100.0000	517	100.0000
460	100.0000	489	100.0000	518	100.0000
461	100.0000	490	100.0000	519	100.0000
462	100.0000	491	100.0000	520	100.0000
463	100.0000	492	100.0000	521	100.0000
464	100.0000	493	100.0000	522	100.0000
465	100.0000	494	100.0000	523	100.0000
466	100.0000	495	100.0000	524	100.0000
467	100.0000	496	100.0000	525	100.0000
468	100.0000	497	100.0000	526	100.0000
469	100.0000	498	100.0000	527	100.0000
470	100.0000	499	100.0000	528	80.00000
471	100.0000	500	100.0000	529	100.0000
472	100.0000	501	100.0000	530	100.0000
473	100.0000	502	100.0000	531	100.0000
474	100.0000	503	100.0000	532	100.0000

533	100.0000	562	100.0000	591	100.0000
534	100.0000	563	100.0000	592	100.0000
535	100.0000	564	100.0000	593	100.0000
536	100.0000	565	100.0000	594	100.0000
537	100.0000	566	100.0000	595	100.0000
538	100.0000	567	100.0000	596	100.0000
539	100.0000	568	100.0000	597	100.0000
540	100.0000	569	100.0000	598	100.0000
541	100.0000	570	100.0000	599	100.0000
542	100.0000	571	100.0000	600	100.0000
543	100.0000	572	100.0000	601	100.0000
544	100.0000	573	100.0000	602	100.0000
545	100.0000	574	100.0000	603	100.0000
546	100.0000	575	100.0000	604	100.0000
547	100.0000	576	100.0000	605	100.0000
548	100.0000	577	100.0000	606	100.0000
549	100.0000	578	100.0000	607	100.0000
550	100.0000	579	100.0000	608	100.0000
551	100.0000	580	100.0000	609	100.0000
552	100.0000	581	100.0000	610	100.0000
553	100.0000	582	100.0000	611	100.0000
554	100.0000	583	100.0000	612	100.0000
555	100.0000	584	100.0000	613	100.0000
556	100.0000	585	100.0000	614	100.0000
557	100.0000	586	100.0000	615	100.0000
558	81.00000	587	100.0000	616	100.0000
559	100.0000	588	37.00000	617	100.0000
560	100.0000	589	100.0000	618	100.0000
561	100.0000	590	100.0000	619	100.0000

620	100.0000	649	0.000000	678	5.000000
621	75.00000	650	0.000000	679	8.000000
622	0.000000	651	0.000000	680	6.000000
623	0.000000	652	7.000000	681	7.000000
624	0.000000	653	7.000000		
625	0.000000	654	8.000000		
626	0.000000	655	8.000000		
627	0.000000	656	7.000000		
628	0.000000	657	8.000000		
629	0.000000	658	6.000000		
630	0.000000	659	8.000000		
631	0.000000	660	8.000000		
632	0.000000	661	7.000000		
633	0.000000	662	7.000000		
634	0.000000	663	7.000000		
635	0.000000	664	8.000000		
636	0.000000	665	7.000000		
637	0.000000	666	8.000000		
638	0.000000	667	8.000000		
639	0.000000	668	7.000000		
640	0.000000	669	8.000000		
641	0.000000	670	8.000000		
642	0.000000	671	8.000000		
643	0.000000	672	8.000000		
644	0.000000	673	6.000000		
645	0.000000	674	7.000000		
646	0.000000	675	8.000000		
647	0.000000	676	8.000000		
648	0.000000	677	7.000000		

BIOGRAFI PENULIS



Saya Reza Tianto anak pertama dari tiga bersaudara Jenjang pendidikan Berawal dari Statitika ITS dan melanjutkan jenjang pendidikan Magister di Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saya menguasai teknik *forecasting* khususnya dibidang Pasar Modal dan ketika kuliah di jurusan Manajemen Industri saya mendalami materi *Supply Chain Management*. Penelitian akhir saya (Thesis) adalah

Analisis Dan Optimasi Pada Jaringan Kabel Fiber Optik Kerumah (Fiber to The Home) di Surabaya Timur Menggunakan Integer Linier Programming.

Dimana saya menekan biaya penggunaan fiber optik dan penggunaan *Optical Distribution Point* (ODP).

Sebelum saya bekerja di Bank Bukopin sebagai *Account Officer* saya membantu Bapak saya di *Subcontractor* jaringan *Fiber optic* bertugas sebagai pengawas lapangan dan administration staff. Selama saya bekerja saya lebih senang bekerja dengan tim dengan dasar skill individu yang baik.

Hobi saya adalah bermain basket dan mencari skill baru yang bermanfaat dalam berwirausaha dan memperluas networking. Bilamana pembaca ingin menghubungi saya, anda dapat mengirim email saya di rzatianto@gmail.com .

Semoga tulisan saya ini dapat bermanfaat dalam pembangunan jaringan fiber optik di Indonesia dimana infrastruktur komunikasi kecepatan tinggi dan besar dapat membangun negeri ini menuju zaman keemasan.